

PENGENDALIAN AIRTANAH

”SEBUAH PEMIKIRAN”

2008

Heru Hendrayana (heruha@ugm.ac.id)
Doni Prakasa Eka Putra (putra_dpe@yahoo.com)

*Jurusan Teknik Geologi – Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta*

BAB I **PENDAHULUAN**

I.1. Latar Belakang

Keberadaan air di bumi ini, khususnya airtanah sangat peka terhadap perubahan tata guna lahan. Dengan berubahnya hutan di daerah imbuhan akan mempengaruhi potensi resapan air, yang pada gilirannya akan berdampak pada ketersediaan airtanah. Demikian juga pemompaan airtanah yang melampaui kemampuan alam menyediakan airtanah akan menimbulkan berbagai dampak negatif walaupun airtanah itu merupakan sumber air yang dapat diperbaharui. Dampak negatif tersebut antara lain muka airtanahnya turun, mutu airtanahnya cenderung jelek dan terjadinya amblesan tanah. Di dataran pantai, pemompaan yang berlebihan menyebabkan terjadinya intrusi air laut ke daratan, sehingga airtanah yang semula tawar menjadi payau atau bahkan asin. Airtanah tawar dapat juga rusak karena adanya pencemaran. Sebagai sumber pencemar dapat berupa limbah pabrik, pupuk di daerah pertanian, dan *septic tank* di daerah pemukiman.

Mengingat dari tahun-ke tahun pengambilan dan pemanfaatan airtanah terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk Indonesia dan meningkatnya pembangunan di berbagai sektor terutama perkembangan industri dan pariwisata maka diperlukan suatu peraturan yang jelas mengenai pengendalian airtanah. Peraturan pengendalian airtanah meliputi pengendalian dalam pengambilan dan pemanfaatan airtanah, pengendalian pencemaran

airtanah atau pengelolaan kualitasnya dan pengendalian kerusakan airtanah (kuantitas airtanah).

Diharapkan dengan adanya peraturan pengendalian airtanah maka lingkungan sumber daya air dapat terjaga dengan baik dan keberadaan airtanah di bumi khususnya di Indonesia dapat dipertahankan secara berkesinambungan agar mampu memenuhi dan menopang kebutuhan airtanah untuk jangka panjang dan masa yang akan datang.

I.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari tulisan ini adalah menyusun naskah akademik tentang pengendalian airtanah sebagai acuan atau pedoman dalam pengambilan dan pemanfaatan airtanah, pengendalian pencemaran airtanah atau pengelolaan kualitasnya dan pengendalian kerusakan airtanah (kuantitas airtanah).

Tujuan dari tulisan ini adalah tersedianya acuan/pedoman pengendalian airtanah bagi masyarakat dan pihak-pihak terkait yang berkepentingan untuk dijadikan acuan dan pedoman dalam pengambilan dan pemanfaatan airtanah.

I.3. Sasaran

Sasaran dari tulisan ini adalah;

- 1) Tersedianya pedoman yang dapat digunakan sebagai acuan bagi Pemerintah maupun Pemerintah Daerah dalam mengendalikan pengambilan airtanah.
- 2) Tersedianya acuan bagi pelaksanaan pengelolaan airtanah terutama dalam memanfaatkan airtanah tanpa menimbulkan dampak yang merugikan.
- 3) Terciptanya pelaksanaan pengelolaan airtanah terutama kegiatan pengendalian penggunaan sesuai dengan amanat UU No. 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air dan Peraturan Pemerintah tentang Airtanah.

BAB II

BATASAN KONSEPTUAL KONSERVASI DAN PENGENDALIAN AIRTANAH DALAM KERANGKA PENGELOLAAN AIRTANAH

Pengelolaan airtanah adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan kegiatan konservasi, pendayagunaan airtanah dan pengendalian daya rusak airtanah. Perkembangan pemanfaatan airtanah yang berkelanjutan membutuhkan konsep pengelolaan airtanah yang efektif dan efisien serta tepat sasaran. Pada dasarnya pengelolaan airtanah bertujuan untuk menselaraskan kesetimbangan pemanfaatan dalam kerangka kuantitas dan kualitas dengan pertumbuhan kebutuhan akan air yang meningkat dengan tajam. Penerapan pengelolaan airtanah sebaiknya dilakukan sebelum terjadinya penurunan kuantitas dan kualitas airtanah akibat pengambilan airtanah dan pencemaran airtanah oleh manusia. Oleh sebab itu, pengelolaan airtanah tidak saja merupakan upaya mengelola sumber daya airtanah (*managing aquifer resources*) tetapi juga upaya mengelola manusia yang memanfaatkannya (*managing people*).

Pengelolaan airtanah sangat diperlukan baik secara teknis maupun non teknis untuk menghindari degradasi airtanah yang serius (baik kuantitas maupun kualitasnya), dimana pengelolaan ini harus disesuaikan dengan perilaku airtanah meliputi keterdapatannya, penyebarannya, ketersediaannya, dan kualitas airtanah serta lingkungan keberadaannya. Pengelolaan airtanah perlu diarahkan untuk mewujudkan keseimbangan antara pendayagunaan airtanah dan upaya konservasi serta pengendaliannya.

Dalam kerangka pemanfaatan airtanah yang berkelanjutan pada suatu wilayah cekungan airtanah, terdapat empat komponen teknis pengelolaan airtanah penting yang harus diperhatikan yaitu:

1. *Resource Evaluation*: Evaluasi Potensi Sumber Daya Airtanah
2. *Resource Allocation*: Alokasi Sumber Daya Airtanah yang tepat
3. *Hazard and Risk Assessment*: Kajian bahaya dan resiko pemanfaatan airtanah dan atau pencemaran airtanah
4. *Side Effect and/or Pollution Control*: Pengendalian dan pengontrolan efek negative pemanfaatan airtanah dan atau pencemaran airtanah.

Menilik peraturan pemerintah baik pusat maupun daerah (termasuk didalamnya rancangan peraturan) mengenai pengelolaan airtanah, keempat hal tersebut umumnya telah dipertimbangkan, walau terkemas dalam istilah dan urutan yang berbeda.

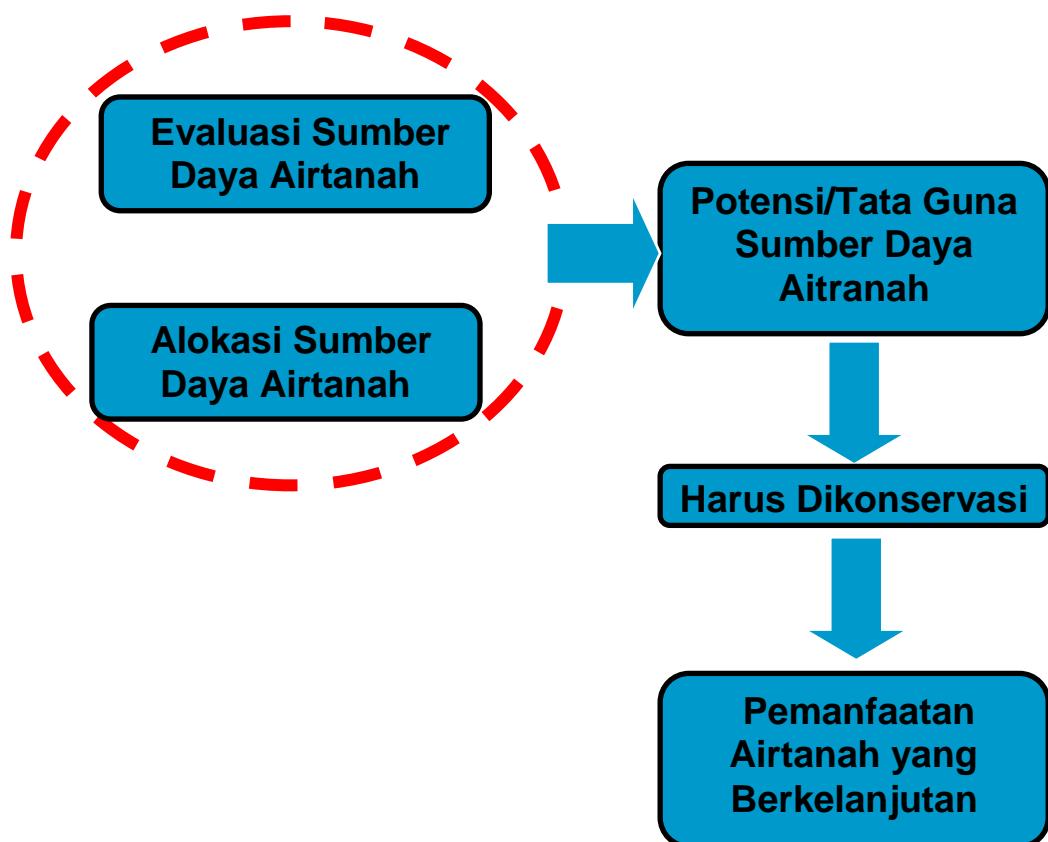
Berdasarkan arti dari pengelolaan airtanah, konservasi airtanah merupakan salah satu komponen pengelolaan. Arti dari konservasi airtanah adalah upaya menjaga kelestarian, kesinambungan ketersediaan, daya dukung, fungsi airtanah serta mempertahankan keberlanjutan pemanfaatan airtanah. Disebutkan juga bahwa konservasi airtanah dilaksanakan melalui: (a) penentuan zona konservasi airtanah, (b) perlindungan dan pelestarian airtanah, (c) pengawetan airtanah, (d) pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran airtanah, (e) pengendalian penurunan kuantitas airtanah dan (f) pemulihan airtanah. Penjelasan ini berarti secara konsep tindakan konservasi airtanah meliputi juga tindakan pengendalian airtanah, sehingga batas antara kedua istilah ini menjadi saling tumpang tindih. Beberapa literatur/pustaka menggabungkan kedua istilah ini dalam satu istilah yang disebut perlindungan airtanah (*groundwater protection*). Dimana, secara umum strategi perlindungan airtanah dibagi menjadi tiga kelompok yaitu (1) perlindungan alamiah (*natural protection*), (2) tindakan pencegahan (*preventive actions*) dan (3) tindakan koreksi (*corrective actions*)

Berkaitan dengan pembuatan pedoman konservasi dan pengendalian airtanah, batasan antara konservasi dan pengendalian airtanah perlu diperjelas agar isi kedua pedoman ini tidak saling tumpang tindih atau hanya merupakan perulangan. Untuk itu dengan berdasarkan keempat faktor teknis dalam pengelolaan airtanah, batasan konservasi dan pengendalian harus ditetapkan. Secara umum komponen teknis pengelolaan airtanah, dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

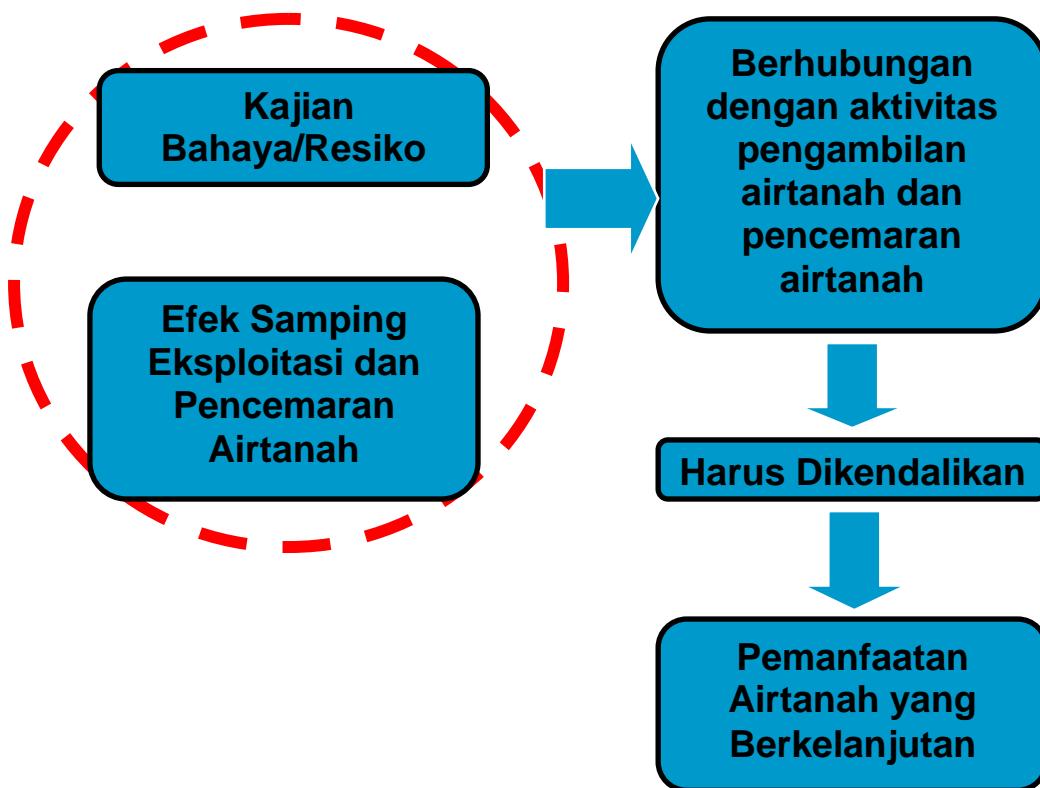
1. Komponen teknis yang berkaitan dengan sumber daya airtanah, dan
2. Komponen teknis kajian bahaya/resiko pemanfaatan dan pencemaran airtanah.

Didalam mewujudkan pemanfaatan airtanah yang berkelanjutan, komponen sumber daya airtanah adalah komponen yang wajib untuk dikonservasi demi mempertahankan keberadaan airtanah baik kuantitas maupun kualitasnya

(lihat Gambar 1). Di sisi lain, pemanfaatan airtanah yang berkelanjutan juga harus ditunjang dengan pengendalian terhadap aktivitas eksploitasi airtanah dan pencemaran airtanah (lihat Gambar 2). Berdasarkan pemikiran sederhana ini, batasan konseptual antara tindakan konservasi dan pengendalian airtanah dapat ditetapkan seperti diperlihatkan pada gambar 3. Pada gambar ini, yang dimaksudkan dengan konservasi airtanah adalah segala tindakan melindungi airtanah dengan cara melestarikan mengawetkan sumber daya airtanah dan penghematan pemanfaatan sumber daya airtanah. Tindakan pelestarian, pengawetan dan penghematan ini harus didasarkan pada hasil evaluasi kondisi sumber daya airtanah dan alokasi pemanfaatan sumber daya airtanah ini. Sedangkan pengendalian airtanah adalah segala tindakan melindungi airtanah dengan cara mengendalikan efek negatif yang dapat muncul akibat pemanfaatan airtanah dan pencemaran airtanah.



Gambar 1. Komponen yang harus dikonservasi dalam kerangka pemanfaatan airtanah yang berkelanjutan.



Gambar 2. Komponen yang harus dikendalikan dalam kerangka pemanfaatan airtanah yang berkelanjutan.

Berdasarkan penjelasan diatas maka konservasi airtanah merupakan tindakan melindungi airtanah dengan strategi perlindungan alamiah (*natural protection*) dan tindakan pencegahan (*preventive actions*) untuk mempertahankan potensi dan alokasi sumber daya airtanah. Sedangkan tindakan pengendalian airtanah adalah tindakan perlindungan airtanah dengan strategi tindakan pencegahan (*preventive actions*) dan tindakan koreksi (*corrective actions*) terhadap pengambilan dan atau pemanfaatan airtanah serta pencemaran airtanah yang terjadi. Perlu digarisbawahi bahwa tindakan pencegahan lebih masuk akal karena umumnya lebih mudah dilakukan dengan waktu yang relatif singkat dan dengan biaya yang lebih rendah daripada tindakan koreksi yang umumnya membutuhkan waktu yang lama serta biaya yang tidak sedikit.



Gambar 3. Skema Konservasi dan Pengendalian Airtanah dalam Menunjang Pemanfaatan Airtanah Yang Berkelanjutan.

BAB III

PENGENDALIAN AIRTANAH

III.1. Umum

Tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan airtanah adalah terbatasnya ketersediaan airtanah di alam, meningkatnya pengambilan airtanah karena tuntutan kebutuhan air dan pencemaran terhadap sumber airtanah. Seperti diketahui keberadaan air di bumi, khususnya airtanah sangat peka terhadap perubahan tata guna lahan. Dengan berubahnya hutan di daerah imbuhan akan mempengaruhi potensi resapan air, yang pada gilirannya akan berdampak pada ketersediaan airtanah. Demikian juga pemompaan airtanah yang melampaui kemampuan alam menyediakan airtanah akan menimbulkan berbagai dampak negatif walaupun airtanah itu merupakan sumber air yang dapat diperbaharui. Dampak negatif tersebut antara lain muka airtanahnya turun, mutu airtanahnya cenderung semakin buruk dan terjadinya amblesan tanah. Di dataran pantai, pemompaan yang berlebihan menyebabkan terjadinya intrusi air laut ke daratan, sehingga airtanah yang semula tawar menjadi payau atau bahkan asin. Airtanah tawar dapat juga rusak karena adanya pencemaran. Sebagai sumber pencemar dapat berupa limbah pabrik, pupuk di daerah pertanian, dan septictank di daerah pemukiman.

Mengingat dari tahun-ke tahun pengambilan dan pemanfaatan airtanah terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk Indonesia dan meningkatnya pembangunan di berbagai sektor terutama perkembangan industri dan pariwisata. Data pemanfaatan airtanah menunjukkan bahwa hingga sekarang sekitar 70% kebutuhan air bersih masyarakat pedesaan dan perkotaan masih bertumpu pada airtanah, bahkan untuk keperluan sektor industri hampir 90% masih tergantung pada pemanfaatan sumber daya air ini. Oleh karena itu, maka diperlukan suatu peraturan yang jelas mengenai pengendalian airtanah. Peraturan pengendalian airtanah meliputi pengendalian dalam pengambilan dan pemanfaatan airtanah, pengendalian pencemaran airtanah atau pengelolaan kualitasnya dan pengendalian kerusakan airtanah (kuantitas airtanah).

Diharapkan dengan adanya pedoman pengendalian airtanah maka lingkungan sumber daya airtanah dapat terjaga dengan baik dan keberadaan airtanah di bumi khususnya di Indonesia dapat dipertahankan secara berkesinambungan agar mampu memenuhi dan menopang kebutuhan airtanah untuk jangka panjang dan masa yang akan datang.

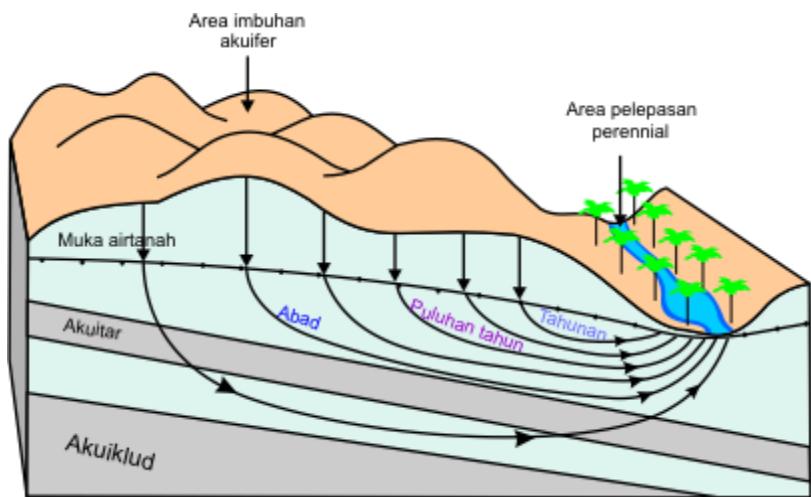
III.2. Permasalahan Kerusakan Kuantitas dan Kualitas Airtanah

III.2.1. Problema Kerusakan Kuantitas Airtanah

Secara umum terdapat satu sebab utama kerusakan kuantitas airtanah, yaitu eksploitasi airtanah berlebihan, yang menguras cadangan sumber daya airtanah dalam jangka waktu pendek; hasilnya amblesan tanah, penurunan muka airtanah, keringnya sungai atau danau, intrusi air asin pada akuifer di tepi pantai dan hal yang tidak diinginkan lainnya atau gejala yang tidak diperkirakan. Permasalahan ini sering muncul, utamanya karena kurang akurat atau salah dalam memperkirakan jumlah sumber daya airtanah yang berkelanjutan atau aman untuk diambil.

Pemanfaatan yang tidak terencana dengan tanpa memperhitungkan kondisi akuifer dan atau sistem airtanah adalah awal dari eksploitasi tidak wajar yang menyebabkan kerusakan pada kuantitas airtanah. Dalam kerangka pengendalian kerusakan kuantitas airtanah, terdapat satu hal yang perlu disadari bersama, yaitu bahwa setiap pengambilan airtanah akan menyebabkan penurunan muka airtanah atau bidang pizometrik airtanah yang akan mempengaruhi pengambilan airtanah oleh sumur-sumur yang lain atau keluarnya airtanah secara alamiah (mata air, sungai, danau).

Pemanfaatan airtanah akan lebih baik jika mempertimbangkan seluruh akuifer atau unit hidrogeologi. Disamping itu juga harus diperhatikan, bahwa pengambilan airtanah lokal yang rapat dan hanya terkonsentrasi pada wilayah yang sempit akan mempengaruhi kinerja pemompaan sumur bor (umumnya menjadi tidak produktif atau *counter-productive*), karena airtanah pada sistem akuifer yang diturap telah semuanya terambil. Neraca kesetimbangan air juga penting untuk diperhitungkan dalam pengambilan airtanah. Kesetimbangan antara volume abstraksi akuifer dengan jumlah imbuhan airtanah pada skala waktu tertentu akan mempertahankan upaya pemanfaatan airtanah yang berkelanjutan (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Aliran airtanah pada sistem akuifer dan waktu relatif perjalanan air dari daerah imbuhan ke daerah lepasan (Foster et al. 1993).

Perlu disadari juga, bahwa respon akuifer yang dieksploitasi akan berbeda sebelum efek samping yang merugikan muncul. Hal ini sangat tergantung pada karakteristik hidrogeologi dan akuifer (lihat Tabel 1 dan 2). Skala waktu sangat penting dalam kaitannya dengan kerentanan akuifer terhadap eksploitasi yang berlebihan. Pada jenis akuifer retakan yang memiliki storativitas akuifer yang terbatas, respon akuifer ini terhadap pemompaan yang berlebihan akan sangat cepat terlihat. Sedangkan pada akuifer pori dengan storativitas yang besar, respon akan lebih lambat. Dalam kaitannya dengan pengendalian kuantitas, mitigasi terhadap efek negatif akan sangat sulit pada akuifer dengan storativitas yang kecil.

Permasalahan yang lain adalah, bahwa eksplorasi airtanah yang tidak wajar telah umum terjadi di perkotaan atau daerah dekat perkotaan sebagai konsekuensi peningkatan kebutuhan air yang tinggi pada kedua area tersebut, serta ketidakmampuan Pemerintah untuk mensuplai air pada daerah tersebut. Di daerah ini, pemanfaatan airtanah umumnya tidak efisien dan sembarangan yang dicerminkan dengan keberadaan banyaknya sumur bor pengambilan airtanah atau sumur dangkal, dengan debit pemompaan yang tak terkontrol atau bahkan tak terdata.

Tabel 1. Kerentanan dari beberapa sistem hidrogeologi untuk efek samping selama abstraksi yang berlebihan (Morris et al., 2003).

Sistem Hidrogeologi		Tipe dari efek samping		
		Intrusi air laut atau <i>up-coning</i>	amblesan tanah	<i>Induced pollution</i>
Alluvial dan pantai	pantai	✓✓	✓✓	✓✓
	pedalaman	✓	✓	✓✓
Intermontane valley-fill	dengan endapan lacustrine	✓✓		
	tanpa endapan lacustrine	✓	✓	✓✓
	dengan lava/brkesi yang permeabel	✓	-	✓✓
	tanpa lava/breksi yang permeabel	✓	-	
Endapan <i>glacial</i>		✓	✓	✓✓
Endapan loess		✓	✓	-
Akuifer Batuan Sedimen		✓✓	✓	✓
Batuan Karbonatan Pantai (<i>recent</i>)		✓✓	-	✓✓
Batuan Vulkanik		✓✓	-	✓
Endapan Pelapukan Batuan Dasar		-	-	✓✓

Tabel 2. Faktor-faktor kerentanan terhadap efek samping dari abstraksi airtanah yang berlebihan (Morris et al., 2003)

Faktor	Simbol	Unit	Kerentanan terhadap efek samping (intrusi air laut, amblesan tanah, <i>induced pollution</i>)			
			High →	Moderate →	Low	
Transmisivitas akuifer	T	m ² /day	100 000	1000	100	10
Storativitas akuifer	S	-	0.1	0.01	0.001	0.0001
Kedalaman muka airtanah	h	m	2	10	50	200
Jarak terhadap interface air asin dan air tawar	L	km	0.1	1	10	100
Kompresibilitas vertikal lapisan akuitar	á	m ² /N	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹

III.2.2. Problema Kerusakan Kualitas Airtanah

Airtanah adalah suatu sumber daya alami yang penting dan cadangan yang aman untuk persediaan air yang dapat diminum di dalam lingkungan pedesaan dan perkotaan, dan memainkan peran yang fundamental (walaupun sering kali tidak dihargai) dalam kehidupan manusia, seperti juga ekosistem-ekosistem yang berhubungan dengan air. Akuifer (bentukan-bentukan yang berhubungan

dengan geologi yang berisi sumber daya airtanah yang dapat digunakan) di seluruh dunia sedang mengalami peningkatan ancaman pencemaran dari urbanisasi, pengembangan industri, aktivitas pertanian dan pertambangan.

Sering kali masyarakat yang bergantung pada sumber daya berupa persediaan air yang dapat diminum tidak mengambil tindakan yang signifikan untuk menjamin kualitas air baku, selain itu mereka juga tidak membuat usaha-usaha untuk menilai resiko potensi pencemaran. Pengkajian bahaya pencemaran airtanah sangat diperlukan untuk menyediakan suatu apresiasi yang jelas terhadap aksi-aksi yang diperlukan untuk melindungi penurunan kualitas airtanah. Sangat diharapkan, bahwa pada gilirannya nanti tindakan pencegahan untuk menghindari pencemaran yang akan datang dan tindakan korektif untuk mengendalikan ancaman pencemaran oleh aktivitas saat ini dan yang lampau, akan segera diprioritaskan secara realistik dan diterapkan secara efisien.

Kampanye proaktif dan tindakan nyata untuk melindungi kualitas airtanah alami sangat diperlukan secara luas. Dalam konteks ekonomi, sangatlah penting untuk perusahaan air membuat pengkajian atas nilai yang strategis dari sumber daya airtanah. Hal ini berdasarkan pada evaluasi yang realistik terhadap nilai airtanah, dalam hal ini termasuk biaya untuk mengembangkan sumber persediaan yang baru dan juga biaya untuk menghubungkan ke dalam jaringan distribusi yang ada.

Tindakan untuk melakukan perlindungan khusus sangat diperlukan terhadap semua lubang bor, sumur-sumur dan mataair (baik milik umum maupun pribadi), khususnya yang berfungsi untuk menyediakan air yang dapat diminum. Hal ini juga termasuk sumber yang digunakan untuk air minum/mineral botol, serta untuk industri pengolahan makanan dan minuman, di mana kualitas air baku yang baik adalah suatu syarat mutlak.

Ada berbagai potensi penyebab penurunan kualitas airtanah dalam satu aquifer dan/atau di suatu sumber airtanah (lihat Tabel 3). Kebanyakan airtanah berasal dari infiltrasi dan perkolasi air hujan (secara langsung maupun tidak langsung) ke permukaan tanah. Sebagai konsekuensinya, aktivitas di permukaan tanah dapat mengancam kualitas airtanah. Pencemaran terhadap

akuifer dapat terjadi apabila zat-zat pencemar masuk ke bawah permukaan tanah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia yang tidak terkendali.

Perlu diketahui bahwa, selain karena aktivitas manusia, degradasi kualitas airtanah dapat juga terjadi karena sebab alamiah; misalnya perubahan kondisi kimia airtanah, pelarutan zat berbahaya dan beracun dari mineral pada material akuifer dan lain-lain. Selain sebagai sumber pencemar, aktivitas manusia di permukaan tanah dapat mengubah mekanisme alamiah akuifer dan mampu merubah nilai, frekuensi, dan kualitas imbuhan airtanah. Pengertian terhadap mekanisme dan diagnosa dari perubahan-perubahan tersebut sangat penting dalam pengkajian terhadap resiko pencemaran airtanah. Dilain pihak, secara alami zona tak jenuh air termasuk didalamnya lapisan tanah secara aktif dapat mengurangi atau menghilangkan konsentrasi kontaminan/polutan (proses atenuasi). Proses ini secara otomatis terjadi ketika zat pencemar melalui zona tak jenuh air. Semakin lama zat pencemar harus melalui zona tak jenuh air, semakin besar kemungkinan proses atenuasi baik melalui reaksi kimia, biologi, serapan, volatisasi dan sebagainya dapat terjadi.

Bagaimanapun juga, tidak semua zona tak jenuh air akan memiliki efektifitas yang sama dalam mengurangi atau menghilangkan zat pencemar. Derajat tingkat kemampuan zona tak jenuh air untuk mengurangi atau menghilangkan konsentrasi zat pencemar bervariasi sesuai dengan tipe zat pencemar, proses pencemaran dan jenis litologi atau material yang menyusun zona tak jenuh air serta kondisi geologi. Dalam kaitannya dengan jenis akuifer, pencemaran airtanah terutama terjadi pada jenis akuifer bebas atau freatik, terutama di daerah dengan zona tak jenuh air yang tipis dan muka airtanah yang dangkal.

Tabel 3. Aktivitas manusia yang berpotensi sebagai sumber pencemar airtanah (Morris, et al., 2003).

Aktivitas	Karakter masuknya zat pencemar				
	Distribusi	Kategori	Tipe pencemaran	Relative hydraulic surcharge	Soil bypassed
Urban					
<i>Unsewered sanitation</i>	ur	P – D	pno	+	✓
<i>Land discharge of sewage</i>	ur	P – D	nsop	+	
<i>Stream discharge of sewage</i>	ur	P – L	nop	++	✓
<i>Sewage oxidation lagoons</i>	ur	P	opn	++	✓
Kebocoran	ur	P – L	opn	+	✓
Pembuangan limbah padat	ur	P	osnh		✓
<i>Highway drainage soakaways</i>	ur	P – L	soh	++	✓
Pencemaran wellhead	ur	P	pn		✓
Industri					
<i>Process water / effluent lagoons</i>	u	P	ohs	++	✓
Kebocoran pipa dan tangki	u	P	oh	+	✓
<i>Accidental spillages</i>	ur	P	oh	++	
<i>Land discharge of effluent</i>	u	P – D	ohs		
<i>Stream discharge of effluent</i>	u	P – L	ohs	++	✓
<i>Landfill disposal residues and waste</i>	ur	P	ohs		✓
<i>Well disposal of effluent</i>	u	P	ohs	++	✓
<i>Aerial fallout</i>	ur	D	a		
Pertanian					
<i>Pengolahan dengan :</i>					
Kimia	ru	D	no		
Irigasi	r	D	sno	+	
Sludge and slurry	r	D	nos		
Air limbah irigasi	r	D	nosp	+	
<i>Livestock rearing / crop processing</i>					
<i>Unlined effluent lagoons</i>	r	P	pno	+	✓
<i>Land discharge of effluent</i>	r	P – D	nsop	+	✓
<i>Stream discharge of effluent</i>	r	P – L	onp	+	✓
Pertambangan					
<i>Mine drainage discharge</i>	ru	P – L	sha	++	✓
<i>Process water / sludge lagoons</i>	ru	P	has	++	✓
Limbah tambang padat	ru	P	has		✓
<i>Oilfield brine disposal</i>	r	P	s	+	✓
<i>Hydraulic disturbance</i>	ru	D	s		NA

Distribusi: u urban/zona industri r pedesaan
 Kategori: P Point D Diffuse L Linear
 Tipe polutan: p faecal pathogens n nutrients o mikropolutan organik h logam berat s salinitas a keasaman
 Relative hydraulic surcharge: + to ++ peningkatkan volume relatif atau efek dari masuknya polutan ke dalam air

Jika pencemaran airtanah telah terjadi, dampak yang dapat ditimbulkan akan sangat merugikan karena akuifer dalam skala yang besar juga akan terlibat. Kondisi ini akan meningkatkan biaya dan membutuhkan teknologi tinggi dalam usaha remediasi kualitas airtanah, yang pada level tertentu mustahil untuk dapat terpenuhi. Oleh karena itu, pendekatan yang paling logis dalam pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran airtanah adalah dengan melakukan tindakan pencegahan pencemaran airtanah.

III.2.3. Kriteria Kerusakan Airtanah

Kriteria kerusakan airtanah ditentukan berdasarkan faktor-faktor perubahan kedalaman muka airtanah, kualitas airtanah, lingkungan airtanah, dan potensi ketersediaan airtanah. Berdasarkan faktor-faktor di atas dapat diketahui zona kerusakan airtanah yang dapat dikategorikan sebagai zona aman, rawan, kritis, dan rusak (lihat Tabel 4);

Tabel 4. Kriteria kerusakan airtanah berdasarkan faktor perubahan kedalaman muka airtanah, kualitas airtanah, lingkungan airtanah, dan ketersediaan airtanah.

Zona Kerusakan Airtanah	Parameter			
Aman	Penurunan mat/bidang pizometrik	Kandungan zat terlarut (mg/L)	DHL (µS/cm)	Perubahan lingkungan
	< 20 % 20 % - 40 %	< 1000 1000 - 10.000	< 1000 1000 - 1500	amblesan tanah belum terjadi amblesan tanah, bila terjadi dengan kecepatan 1 cm/tahun
Kritis	> 40 %	10.000 - 100.000	> 1500 - 5000	amblesan tanah bila terjadi dengan kecepatan 1 - 5 cm/tahun
Rusak	perubahan kuantitas, kualitas dan lingkungan sudah sangat parah			

Kerusakan airtanah ini ditinjau sekurang-kurangnya setiap 3 (tiga) tahun untuk menghindari terjadinya kerusakan kondisi dan lingkungan airtanah, dan kegiatan atau upaya pengendalian airtanah ditentukan berdasarkan kondisi kerusakan airtanah dengan memperhatikan interaksi fungsi airtanah dan lingkungan.

III.3. Strategi Pengendalian Airtanah

Seperti halnya dengan strategi konservasi airtanah yang lebih diarahkan sebagai upaya preventif untuk menjaga kesinambungan pemanfaatan airtanah dan lingkungan yang tergantung pada airtanah, strategi pengendalian airtanah juga diarahkan pada upaya-upaya preventif seperti (1) pengendalian kerusakan kuantitas airtanah akibat pengambilan dan atau pemanfaatan airtanah, dan (2) pengendalian kerusakan kualitas airtanah akibat pencemaran

airtanah. Upaya-upaya pemulihan dalam pengendalian airtanah perlu juga diprioritaskan khususnya jika berhadapan dengan kriteria kerusakan airtanah yang parah, walaupun tindakan pemulihan airtanah pada sistem airtanah yang telah rusak akan memerlukan biaya dan teknologi yang kadang tidak dapat dipenuhi serta waktu yang sangat lama.

Jika pada pengelolaan kuantitas airtanah, pengendalian hanya berkaitan dengan tindakan pengambilan dan pemanfaatan airtanah, tidak sedemikian dengan pengelolaan kualitas airtanah. Pengendalian kualitas airtanah tidak saja berhubungan dengan airtanah tetapi meliputi tindakan pengendalian lingkungan khususnya perubahan tata guna lahan, serta pengawasan terhadap buangan limbah tata guna lahan tersebut agar tidak meresap ke dalam tanah dan kemudian mencemari airtanah. Kajian kemungkinan masuknya zat pencemar harus diterapkan pada pencegahan pencemaran airtanah, sehingga titik-titik atau area potensial pencemar airtanah dapat terpetakan, yang akan memudahkan proses pemantauan dan pengawasannya dalam kerangka pengendalian kualitas dan pencemaran airtanah.

Di skala yang luas, strategi pengendalian kuantitas dan kualitas airtanah (dan prasyarat pengkajian bahaya pencemaran) harus dipromosikan oleh regulator yang berhubungan dengan lingkungan atau air (atau agensi, departemen, atau pemerintah lokal, regional, atau nasional yang bertanggung jawab melaksanakan fungsi ini). Sangatlah, penting bahwa perhatian terhadap pengendalian airtanah yang spesifik difokuskan pada skala dan tingkat yang lebih detail.

BAB IV

KEGIATAN PENGENDALIAN AIRTANAH

Pengendalian kerusakan kuantitas airtanah akibat pengambilan dan atau pemanfaatan airtanah dilakukan untuk menjaga mencegah, menanggulangi, dan memulihkan kerusakan kuantitas airtanah. Berdasarkan prioritas kepentingan atau kriteria kerusakan airtanah, pengendalian kerusakan kuantitas airtanah sangat penting dilakukan terhadap akuifer yang mengalami pengurasan, daerah imbuhan yang mengalami perubahan fisik, dan lingkungan airtanah yang rusak akibat pengambilan airtanah yang intensif.

Untuk menjaga, mencegah, menanggulangi dan memulihkan kerusakan airtanah, dalam kerangka pengendalian airtanah terdapat tiga kegiatan utama, yaitu:

1. Pengendalian Pengambilan/Pemanfaatan Airtanah;
2. Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Airtanah;
3. Pemulihan Kerusakan Airtanah

IV.1. Pengendalian Pengambilan/Pemanfaatan Airtanah

Upaya pengendalian pengambilan/pemanfaatan airtanah dilakukan dengan cara :

- a. Penentuan zona pengambilan/pemanfaatan yang aman;
- b. Pembatasan debit pengambilan airtanah;
- c. Pengaturan kerapatan lokasi pengambilan airtanah;
- d. Pengaturan kedalaman akuifer yang disadap;
- e. Penerapan instrumen ekonomi atas pemanfaatan airtanah/pendayagunaan airtanah;
- f. Penerapan AMDAL pada kegiatan pengambilan airtanah.

Pemerintah baik pusat maupun daerah, wajib melakukan pengendalian kerusakan kuantitas airtanah sesuai dengan kewenangannya dengan mengikuti sertakan peran masyarakat.

A. Penerapan zona pengambilan/pemanfaatan airtanah yang aman

Langkah pertama dalam kerangka pengendalian airtanah untuk pencegahan kerusakan kuantitas airtanah, idealnya dimulai dengan menentukan zona

pengambilan/pemanfaatan airtanah yang memperhatikan aspek bahaya/resiko kerusakan. Disebut "ideal" karena penerapan ini harusnya dilakukan pada awal pengembangan pemanfaatan airtanah. Dalam kenyataannya pemanfaatan sumberdaya airtanah di Indonesia, telah melalui fase tersebut.

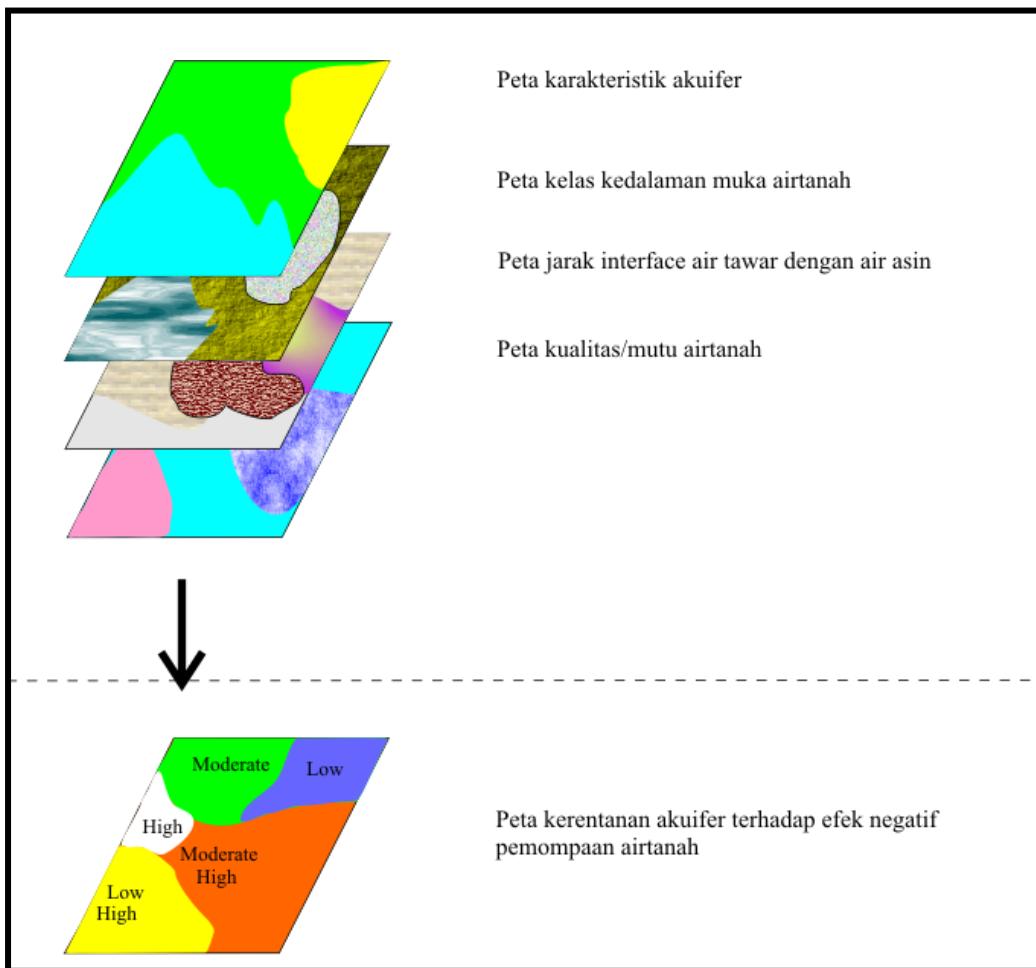
Penentuan zona pengambilan/pemanfaatan airtanah yang aman dilakukan dengan pembuatan peta kerentanan akuifer terhadap efek negatif dari pemompaan airtanah. Peta ini dibuat dengan mengevaluasi informasi-informasi sistem airtanah, menjadi suatu peta yang menunjukkan kerentanan akuifer terhadap efek negatif yang akan terjadi akibat pemompaan airtanah. Informasi-informasi yang dimaksud meliputi:

- (1) Karakteristik Hidrologi Akuifer;
- (2) Kedalaman airtanah;
- (3) Jarak terhadap interface air tawar dan air asin; dan
- (4) Kompresibilitas vertikal lapisan akuitar yang ada

Informasi-informasi diatas kemudian dievaluasi dengan menerapkan metoda *overlay* sederhana, atau sistem *rating* atau *Point Count System Model* (PCSM). Pengolahan informasi diatas sebaiknya dilakukan dengan menerapkan nilai pembobotan yang sama bagi setiap parameternya. Nilai kerentanan masing-masing parameter, sebaiknya mengikuti aturan sebagai berikut; (1) semakin besar nilai transmisivitas dan storativitas akuifer, semakin kecil penurunan muka airtanah atau bidang pizometrik akibat pemompaan airtanah, (2) semakin dangkal muka airtanah, semakin besar kemungkinan induksi pencemar masuk ke dalam airtanah akibat pemompaan, (3) semakin dekat jarak terhadap interface air tawar dan air asin semakin besar intrusi air asin dapat terjadi dan (4) semakin besar kompresibilitas akuitar, semakin besar kemungkinan amblesan tanah yang terjadi akibat over-eksploitasi akuifer. Metodologi evaluasi dapat dilihat pada Gambar 5.

Dalam kasus mataair, pemanfaatannya lebih diprioritaskan untuk penyediaan air minum atau air bersih pedesaan dan perkotaan meskipun untuk keperluan industri dan non industri tetap masih diperkenankan. Namun demikian, mengingat keberadaan umumnya di luar wilayah rencana pengguna, maka demi menjaga potensi airnya serta menghindari konflik kepentingan dengan berbagai pihak, maka dalam rencana pemanfaatannya harus dilakukan pengkajian hidrogeologi terlebih dahulu.

Ketentuan pengambilan dan pemanfaatan airtanah ditentukan pada zona - zona kerentanan akuifer terhadap efek negatif yang rendah (*low susceptibility*) akibat pemompaan, dan zona ini harus ditetapkan oleh pemerintah daerah setempat dengan memperhatikan juga aturan-aturan lain yang tertulis di bawah ini.

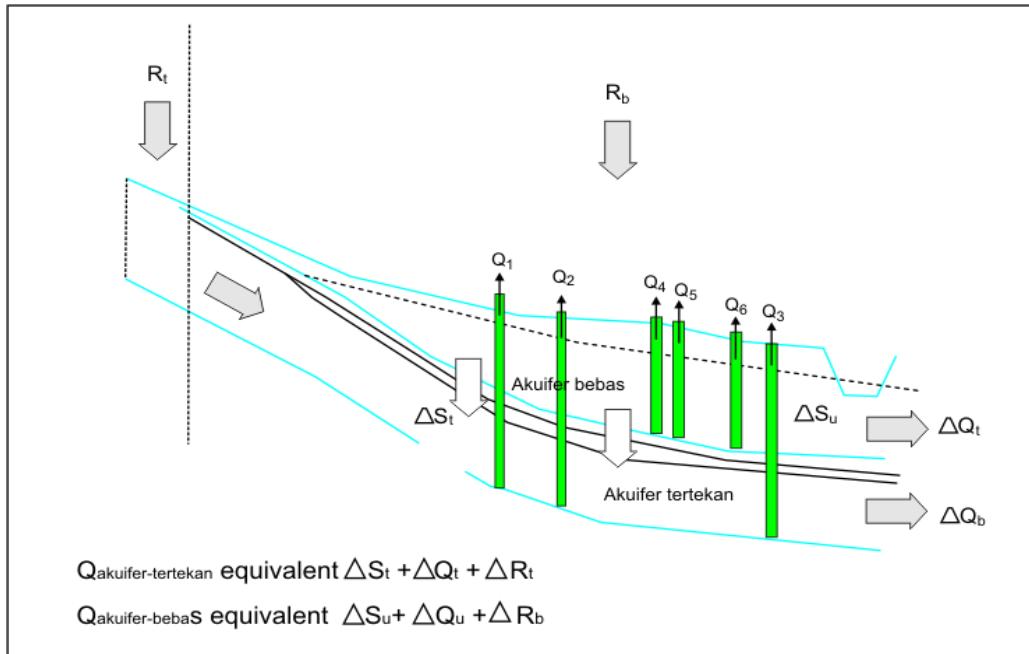


Gambar 5. Skema metodologi pembuatan peta kerentanan aquifer terhadap efek negatif pemompaan airtanah.

B. Pembatasan Debit Pengambilan Airtanah

Pada eksplorasi pengambilan airtanah yang aman terdapat tiga macam debit pengambilan yang dikenal berdasarkan skalanya, yaitu *Basin Yield*, *Aquifer Yield* dan *Well Yield*. *Basin Yield* adalah debit pengambilan airtanah pada suatu sistem unit hidrogeologi (cekungan airtanah) yang tidak menimbulkan efek negatif terhadap siklus hidrologi/kesetimbangan air pada sistem tersebut. *Aquifer Yield* adalah maksimum debit pengambilan airtanah yang dapat

diberikan oleh aquifer tanpa penurunan muka airtanah atau bidang pizometrik yang berarti (lihat Gambar 6). Sedangkan *Well Yield* adalah maksimum debit pemompaan airtanah maksimum yang dapat diberikan oleh suatu sumur.



Gambar 6. Skema konsep Aquifer Yield

Untuk mengendalikan kerusakan kuantitas airtanah, *basin yield* dan *aquifer yield* harus ditetapkan. Penetapannya menjadi kewenangan Pemerintah Daerah setempat berdasarkan hasil studi hidrogeologi. Metoda yang paling baik untuk menentukan *basin yield* dan *aquifer yield* adalah dengan memanfaatkan pemodelan numerik airtanah.

Well yield dapat ditentukan berdasarkan Q_s (kapasitas jenis sumur) yang diperoleh dari hasil uji pemompaan sumur bor atau dihitung secara analitik dengan pendekatan berikut:

$$Q_{\text{sumur bor}} = \Pi \cdot d_b \cdot h_f \cdot \frac{k^{1/2}}{x_i} \quad \text{menurut Sicardt (1928)}$$

Dimana:

d_b diameter sumur bor (m)

h_f panjang filter yang dipasang (m)

k konduktivitas hidrolika (m/s)

x_i angka empiris = $15 (s/m)^{-1/2}$

Rumusan analitik ini hanya berlaku untuk jenis aquifer pori.

Dalam hal penentuan debit pengambilan airtanah untuk pembuatan sumur bor baru, maka sebelumnya harus diperhitungkan jumlah dari sumur produksi berikut jumlah debit yang telah disarankan sebelumnya, sehingga kuota pengambilan tidak dilampaui.

Kuota atau debit rekomendasi (*recommended yield*) seperti halnya yang terdapat dalam persyaratan teknik ditentukan berdasarkan potensi ketersediaan akuifer, kemampuan pasokan atau debit air yang dapat diambil secara aman (*basin yield* dan atau *aquifer yield*), serta pengambilan airtanah yang telah ada atau diprediksi pada akuifer tersebut, dan kemampuan sumur menghasilkan air (*well yield*).

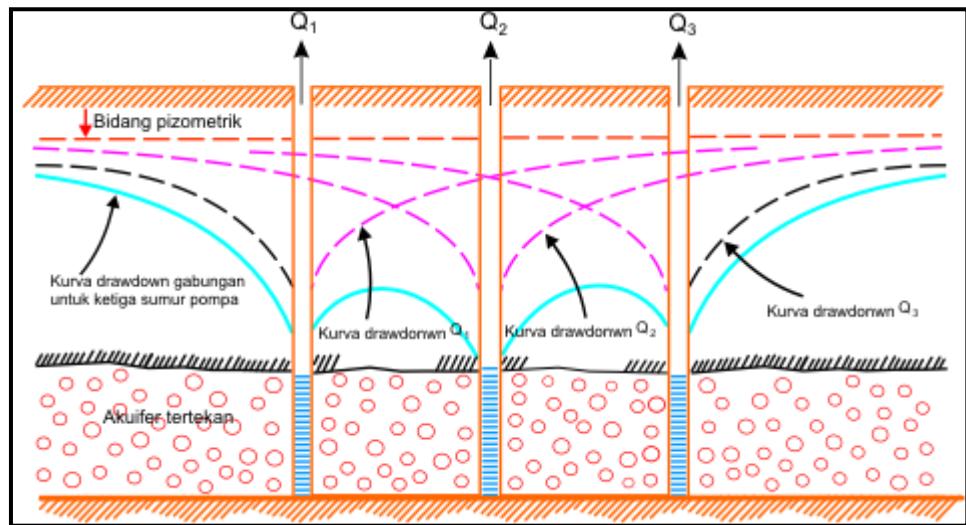
Kuota ini sebaiknya ditentukan dalam batasan bulan (*abstractions rate per month*) bukan berdasarkan debit optimum sumur, sehingga kegiatan kontrol terhadap aktivitas penyadapan airtanah dapat lebih mudah dilakukan. Dengan bantuan pemodelan numerik airtanah, debit rekomendasi ini dapat ditetapkan secara optimal.

C. Pengaturan kerapatan lokasi pengambilan airtanah

Pengaturan kerapatan lokasi pengambilan airtanah dapat dengan mudah dilakukan dengan mengembangkan sistem informasi inventarisasi sumur-sumur pengambilan airtanah dan model sistem airtanah pada suatu cekungan airtanah. Sistem ini harus telah memiliki informasi yang cukup lengkap tentang lokasi sumur pengambilan airtanah, debit yang dipompa, penurunan muka airtanah atau bidang pizometrik airtanah dan karakteristik akuifer minimal data tentang ketebalan akuifer dan konduktivitas hidrolik.

Jika suatu area pengambilan airtanah telah memiliki model sistem airtanah (model numerik dengan *basis finite difference* atau *finite element*), pengaturan kerapatan lokasi pengambilan airtanah akan lebih mudah. Melalui model, simulasi pengaruh pemompaan sumur baru terhadap sumur lama dapat dilakukan, sehingga kerapatan/jarak optimum dapat ditentukan.

Kerapatan/jarak optimum antara sumur pengambilan airtanah adalah jarak optimal antara sumur-sumur pengambilan airtanah, dimana jari-jari pengaruh sumur-sumur pengambilan airtanah tersebut tidak saling mempengaruhi (lihat Gambar 7)



Gambar 7. Pemompaan airtanah yang saling mempengaruhi dan harus dihindari dalam kerangka pengendalian pengambilan /pemanfaatan airtanah.

Jika suatu area belum memiliki sistem informasi yang memadai serta model sistem airtanah, maka penentuan kerapatan/jarak antar sumur harus ditentukan dengan perhitungan analitik. Rumusan analitik sederhana yang dapat digunakan untuk menghitung perkiraan jari-jari pengaruh adalah sebagai berikut:

$$R = 3000 \cdot h_s \cdot k_f^{1/2} \quad \text{menurut SICHARDT (1928)}$$

$$R = 575 \cdot h_s \cdot [k_f \cdot h_m]^{1/2} \quad \text{menurut KUSAKIN (dalam STRZODKA, 1975)}$$

Dimana:

R Jari-jari pengaruh (m)
 h_s penurunan muka airtanah atau bidang pizometrik pada sumur (m)
 k_f konduktivitas hidrolika akuifer yang disadap (m/s)
 h_m ketebalan akuifer (m)

Namun demikian perlu disadari bahwa, pada rumusan sederhana di atas, tetap memerlukan data konduktivitas hidrolika akuifer dan penurunan muka airtanah pada sumur pemompaan akibat pemompaan dengan debit yang diharapkan.

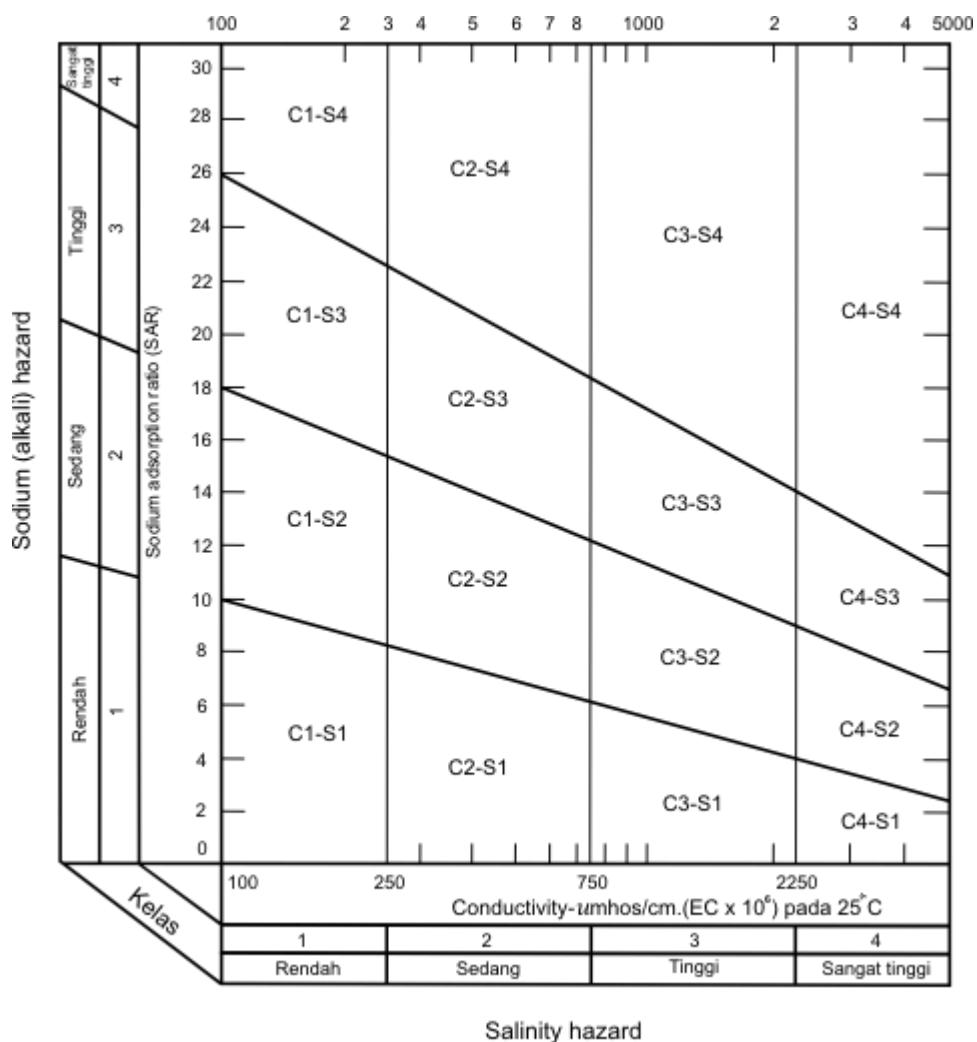
D. Penentuan kedalaman akuifer yang aman untuk disadap

Suatu daerah dimungkinkan mengandung beberapa akuifer (*multi layer aquifers*). Kondisi yang demikian memungkinkan dilakukannya pengaturan

kedalaman penyadapan airtanah pada akuifer tertentu. Dengan pengaturan kedalaman akan dapat dihindari penyadapan airtanah hanya pada satu lapisan akuifer tertentu, yang dampaknya tentu berbeda dengan penyadapan pada beberapa lapisan akuifer yang berbeda.

Tergantung pada kondisi suatu daerah, peruntukan airtanah untuk berbagai keperluan, diatur dengan mengambil airtanah dari berbagai kedalaman. Namun pada dasarnya pengaturan kedalaman penyadapan airtanah tetap mengacu terutama kepada kemampuan ketersediaan serta prioritas peruntukannya, dimana air minum dan rumah tangga merupakan prioritas utama di atas keperluan lainnya. Kriteria airtanah untuk keperluan rumah tangga terbatas untuk keperluan masak, mandi, dan cuci di luar kompleks/kawasan niaga dan industri. Airtanah untuk keperluan serupa, namun di dalam kompleks niaga dan industri, dikategorikan sebagai air untuk proses niaga dan industri. Persyaratan kualitas air minum mengacu pada PP. No. 81 tahun 2001 atau PERMENKES No. 907/MENKES/SK/VII/2002. Standar kualitas air irigasi dapat dilihat pada gambar 6. Untuk keperluan niaga dan industri, hingga saat ini belum ada standar yang baku. Hal ini disebabkan oleh variasi beragam pada aktivitas-aktivitas niaga dan industri, dan serta, banyaknya variasi pada tingkat teknologi yang dipergunakan oleh setiap aktivitas industri.

Airtanah pada akuifer tertekan dan semi tertekan diperuntukan bagi keperluan yang membutuhkan air lebih besar baik industri, non industri bahkan untuk air minum dan rumah tangga pada skala kawasan pemukiman baik di pedesaan maupun di perkotaan. Pemilihan pemanfaatan sumber air ini untuk kebutuhan tersebut didasarkan pada keberpihakan pada masyarakat luas yang pada umumnya lebih banyak memanfaatkan airtanah tidak tertekan, dan lebih terlindunginya sumber air ini dari pengaruh lingkungan termasuk pencemaran dari limbah industri maupun limbah rumah tangga. Namun demikian mengingat airtanah pada akuifer ini pun memiliki keterbatasan kemampuan daya dukung, maka penggunaan atau pemanfaatannya harus seefisien mungkin dan jumlah pengambilannya tidak melebihi kuota debit yang direkomendasikan, serta kemampuan sumur penyadapnya.



Gambar 8. Standar kualitas air untuk keperluan irigasi (Helweg, 1992)

Berdasarkan beberapa pernyataan di atas, secara umum pengaturan kedalaman penyadapan airtanah pada akuifer sebaiknya dilakukan sebagai berikut:

- Penyadapan airtanah yang terkandung dalam akuifer bebas, umumnya pada kedalaman kurang dari 20 m hanya diperuntukan bagi keperluan air minum dan rumah tangga, dengan cara penyadapan melalui sumur gali atau sumur pasak.
- Pada suatu daerah yang hanya tersedia airtanah pada akuifer bebas, penyadapan airtanah untuk keperluan industri dan niaga dipertimbangkan setelah dilakukan kajian hidrogeologi terlebih dahulu untuk mengetahui

dampak negatif yang mungkin terjadi terhadap sumur gali penduduk di sekitarnya.

- c. Untuk keperluan niaga dan industri penyadapan airtanah ditentukan pada akuifer tertekan, dengan cara penyadapan melalui sumur pasak atau sumurbor.

Pengaturan penyadapan airtanah yang lebih detail, sebaiknya dilakukan dengan bantuan model airtanah.

E. Penerapan instrumen ekonomi atas pemanfaatan /pendayagunaan airtanah

Penerapan instrumen ekonomi; untuk pengendalian pemanfaatan air dapat dilakukan dengan penerapan harga/pajak atas airtanah. Dalam bidang airtanah penerapan harga/pajak pengambilan airtanah dilakukan dengan cara; (a) *direct pricing* (biaya langsung) pengambilan airtanah melalui penetapan harga dan pajak, (b) *indirect pricing* (biaya tak langsung) yang diterapkan dengan biaya/pajak pembuangan limbah air atau dengan menaikkan biaya listrik/energi.

Dalam kasus pengendalian kuantitas airtanah, penerapan pajak dapat diaplikasikan sesuai dengan jumlah/debit pengambilan. Beban prosentase pajak sebaiknya ditetapkan meningkat terhadap peningkatan pengambilan /pemanfaatan airtanah (pajak progresif), sehingga diharapkan pengguna akan berusaha menekan jumlah pengambilan/pemanfaatan airtanah.

F. Penerapan AMDAL pada kegiatan pengambilan airtanah.

Penerapan AMDAL pada kegiatan pengambilan airtanah telah diatur menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2001. Dimana setiap usaha atau kegiatan pengambilan airtanah (melalui sumur dangkal, sumur dalam dan mataair) dengan debit lebih dari atau sama dengan 50 Liter/detik (dari 1 sumur atau dari 5 sumur dalam area lebih kecil atau sama dengan 10 ha). Penerapan AMDAL ini, akan memaksa pelaku usaha dan atau kegiatan untuk melakukan pelaksanaan kegiatan sesuai dengan hasil AMDAL, dalam kerangka mencegah kerusakan airtanah.

IV.2. Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Airtanah

Pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran airtanah dilakukan untuk menjaga kualitas airtanah agar tetap dalam kondisi alamiahnya. Terdapat tiga cara utama yang dapat dilakukan dalam kerangka pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran airtanah yaitu:

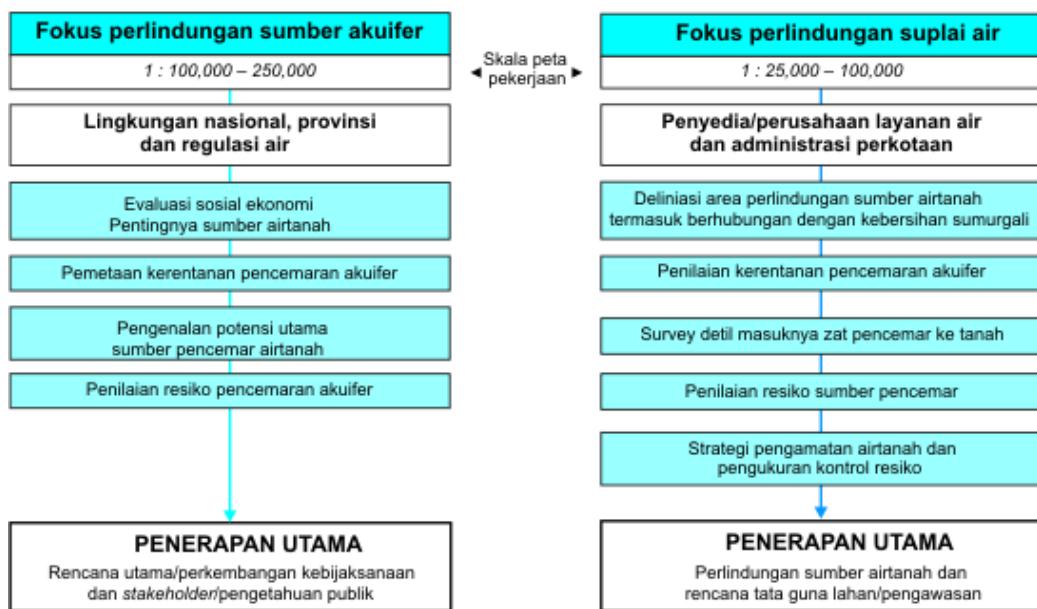
- a. Zonasi tata guna lahan dalam kerangka perlindungan airtanah terhadap pencemaran
- b. Mengendalikan/mengontrol sumber pencemar airtanah; baik untuk sumber pencemar yang telah ada maupun sumber pencemar yang akan ada.
- c. Membuat peta bahaya dan resiko pencemaran airtanah; untuk menentukan lokasi prioritas pengendalian dan/atau lokasi pemulihian kualitas airtanah, serta tindakan pengelolaan yang diperlukan.

Pemerintah baik Pusat maupun Daerah sesuai kewenangannya melakukan pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran airtanah, dengan mengikutsertakan peran serta masyarakat.

A. Zonasi Tata Guna Lahan

Zonasi tata guna lahan dalam kerangka mencegah pencemaran airtanah dapat dilakukan pada skala cekungan airtanah dan skala sumber air baku (sumur produksi dan mata air milik PDAM atau milik Swasta yang berkepentingan), dengan memetakan peta kerentanan airtanah terhadap pencemaran.

Fokus dan aplikasi peta kerentanan airtanah pada skala cekungan airtanah adalah sebagai landasan utama kebijaksanaan pengembangan wilayah dan tata guna lahan. Sedangkan pada skala sumber air baku ditujukan untuk perlindungan kelestarian sumber air baku dan perencanaan lokal tata guna lahan di wilayah sekitar sumber air baku (lihat Gambar 9). Dengan demikian dibutuhkan keseimbangan antara perlindungan terhadap sumber-sumber airtanah (akuifer secara keseluruhan) dan sumber-sumber air baku lokal (sumur bor, sumur gali, dan mataair). Kedua pendekatan tersebut bersifat saling melengkapi, dengan penekanan terhadap perkembangan sumber-sumber airtanah dan kondisi hidrogeologi secara umum.



Gambar 9. Fokus dan aplikasi peta kerentanan airtanah pada skala cekungan airtanah dan sumber air baku (Foster et al. 2001 dengan penyempurnaan).

Jika sumber airtanah yang dapat diminum hanya merupakan sebagian kecil dari total sumber-sumber airtanah yang tersedia, maka akan tidak efektif untuk melindungi semua bagian dari aquifer. Strategi yang dapat diterapkan adalah yang berbasis *source-oriented* dan bekerja pada skala 1:25.000 – 100.000, dimulai dengan mendeliniasi daerah tangkapan airtanah pada sumber persediaan air, meliputi penaksiran atas kerentanan aquifer terhadap pencemaran. Sedangkan strategi *aquifer-oriented* dapat dilakukan secara universal, karena dapat melindungi semua sumber-sumber airtanah dan para pengguna airtanah. Dimulai dengan pemetaan kerentanan airtanah terhadap polusi (pada skala 1:100.000 atau lebih), yang akan dilanjutkan dengan pendataan sumber pencemar pada skala yang lebih detail.

Pada skala aquifer, batas wilayah pemetaan bahaya pencemaran airtanah adalah batas cekungan airtanah (lihat pedoman penentuan batas cekungan airtanah). Sedangkan pada skala sumber air baku, batas wilayah pemetaan bahaya pencemaran airtanah ditentukan berdasarkan batas zona terluar perlindungan sumber air baku (PSAB).

Zona terluar perlindungan sumber air baku ini dapat ditentukan dengan menggunakan metoda perhitungan manual, pemetaan hidrogeologi hingga metoda pemodelan numerik airtanah. Hingga saat ini metoda pemodelan numerik airtanah dianggap sebagai metoda terbaik dalam penentuan batas zona lindung sumber air baku. Namun seringkali pemodelan numerik membutuhkan data evaluasi kondisi airtanah yang baik dan seringkali tidak semua daerah di Indonesia memiliki informasi hidrogeologi yang lengkap. Sehingga dalam pedoman ini dijabarkan dua metode yang sederhana dari penentuan zona terluar perlindungan airtanah.

Untuk kasus sumur produksi airtanah, perhitungan manual yang sering digunakan secara luas adalah konstruksi zona lingkaran dan metoda perhitungan berdasar karakteristik akuifer yang dikembangkan oleh Todd (1959). Zona lingkaran ini adalah luasan yang menunjukkan daerah imbuhan yang diperlukan untuk menyeimbangkan debit pemompaan (Burgess & Fletcher, 1998). Daerah A_s (m^2) dari suatu daerah sumber tangkapan air di dalam area imbuhan tahunan U ($m.a^{-1}$) dapat dihitung dari hubungan sederhana dari keseimbangan airtanah :

$$A_s = Q / U$$

Dimana

Q debit pemompaan dari suatu sumber/sumur ($m^3.a^{-1}$)

Radius dari zona lingkaran daerah sumber tangkapan air digambarkan sebagai:

$$r = \sqrt{(A_s / \pi)}$$

Dimana

r radius sumber tangkapan air dalam meter (m).

Berdasarkan data karakteristik akuifer, perhitungan manual dari daerah tangkapan sumur dapat juga dilakukan. Dalam perhitungan manual, jarak menuju titik nol atau batas pemompaan *downstream* dari lubang bor pompa x_u (m) yaitu :

$$x_u = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot T \cdot i_o}$$

Lebar maksimum dari daerah tangkapan secara orthogonal hingga arah aliran B (m), yaitu :

$$B = \frac{Q}{T \cdot i_0}$$

Dimana:

Q debit airtanah (m^3/det)

T transmisivitas akuifer (m^2/det)

i_0 gradient hidrolik sebelum pemompaan

Lebar maksimum (B) akan ditempatkan pada jarak yang dihitung dari titik nol ke arah *upstream* D_{wr} (m), yaitu :

$$D_{wr} = \frac{x_u^2 + (B/2)^2}{2 \cdot x_u}$$

Akhirnya, jarak menuju batas pemompaan *upstream* dari lubang bor pemompaan D_{wo} (m) dapat dihitung seperti :

$$D_{wo} = 3 \cdot r_{50,0}$$

$$r_{50,0} = \sqrt{\frac{Q \cdot t_{50}}{\pi \cdot M \cdot n_e}} + \frac{k_f \cdot i_0}{n_e} \cdot t_{50}$$

Dimana:

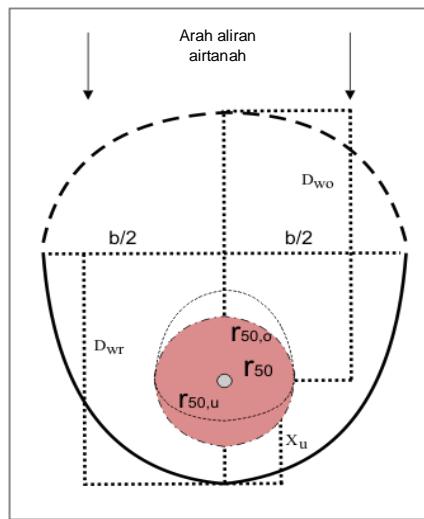
t_{50} 50 hari = 4.32×10^6 s

k_f konduktivitas hidrolik dari akuifer (m/det)

M ketebalan akuifer (m)

n_e porositas efektif (-)

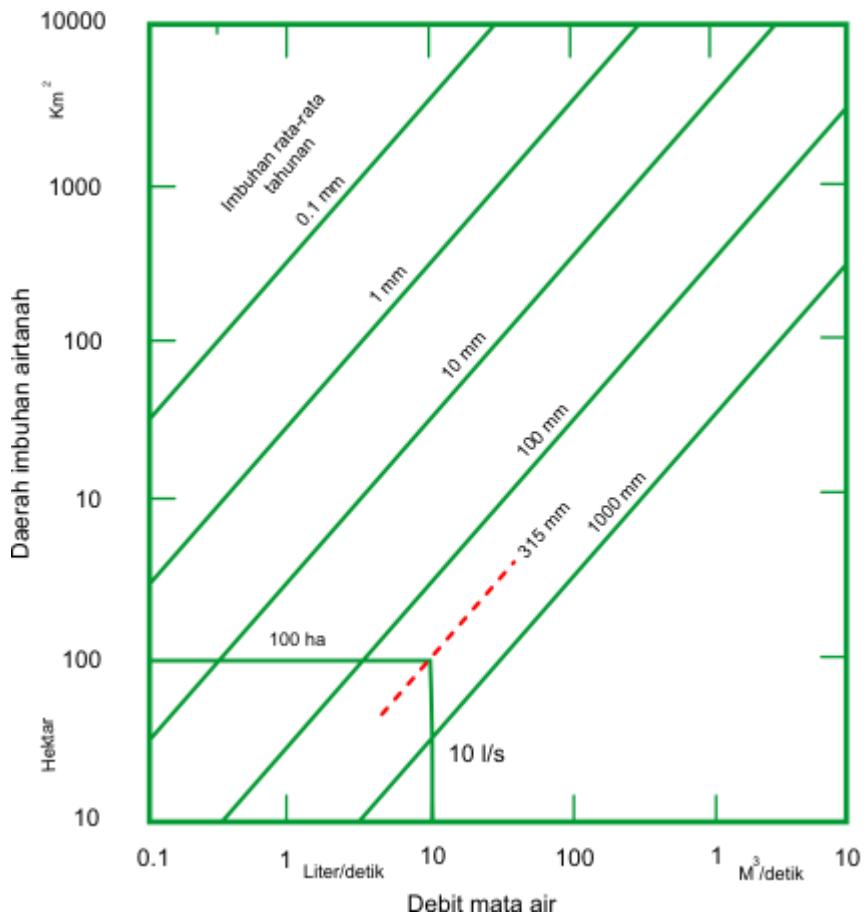
r_{50} batas *upstream* zona 2



Gambar 10. Skema penentuan batas zona 3 pada suatu sumur produksi airtanah sebagai sumber air baku.

Untuk penentuan zona lindung mataair, penentuan batas zona menjadi agak kompleks dibanding dengan penentuan zona lindung sumur produksi. Perhitungan manual seperti dijabarkan di atas tidak tepat diaplikasikan pada mataair. Cara penentuan batas zona 3 pada mataair yang paling sederhana adalah dengan menggabungkan hasil penelitian hidrogeologi mengenai batas-batas sistem mataair dengan prakiraan luasan daerah imbuhan mata air dapat secara kasar diperkirakan menurut hubungan antara debit mata air dan imbuhan airtanah rata-rata tahunan (Gambar 11).

Kerentanan akuifer terhadap pencemaran (*groundwater vulnerability*) dapat dipetakan dengan berbagai metoda yang telah ada. Metoda yang baik untuk pemetaan kerentanan aquifer terhadap pencemaran adalah metoda yang hasil akhirnya tidak hanya memberikan perbedaan klas kerentanan yang *dimensionless*, tetapi juga memiliki arti yang berkaitan dengan proses transportasi air pada zona tak jenuh air, misalnya memberikan gambaran waktu relatif yang diperlukan oleh air untuk melalui zona tak jenuh air (*travel time*). Metode pemetaan kerentanan aquifer terhadap pencemaran yang sesuai dengan persyaratan di atas adalah metoda pemetaan Hoelting et al. (1995) dan metoda SVV (Putra, 2007), sedangkan metoda DRASTIC, tidak memenuhi persyaratan di atas. Kedua metode yang memenuhi persyaratan ini dijelaskan di bawah ini.



Gambar 11. Hubungan antara luasan daerah imbuhan mata air, imbuhan airtanah rata-rata tahunan dan debit mata air (Todd, 1980).

A. Metode Hoelting et al. (1995)

Metode Hoelting et al. (1995) didasarkan pada sistem evaluasi parametrik pada zona tidak jenuh air sebagai pertimbangannya. Tingkat dari kerentanan dinyatakan sebagai perlindungan efektif (kemampuan dari lapisan yang terletak di atas akuifer untuk melindungi airtanah) dari tanah penutup sampai dengan kedalaman 1 m (rata-rata kedalaman akar) dan batuan penutup (zona tidak jenuh air). Parameter-parameter berikut dipertimbangkan untuk penilaian dari keseluruhan perlindungan efektif:

Parameter 1: S – *effective field capacity* dari tanah (setiap kelas eFC ditentukan dalam nilai yang berbeda sampai dengan kedalaman 1 m, rata-rata kedalaman akar).

Parameter 2: W – Faktor kecepatan imbuhan.

Parameter 3: R – faktor sub-soil, dimana R_u mewakili material-material tidak terkonsolidasi dan R_s untuk material terkonsolidasi ($R_s = O \cdot F$),

O adalah faktor untuk jenis batuan, dan F adalah tingkatan dari kekar, lipatan dan karstifikasi.

Parameter 4: T – ketebalan dari batuan penutup di atas akuifer.

Parameter 5: QP – poin tambahan untuk sistem akuifer menggantung (500 poin)

Parameter 6: HP- poin tambahan untuk kondisi tekanan hidraulik (artesis) (1500 poin)

Penentuan parameter dari poin-poin dan faktor-faktor di atas berdasarkan sifat fisik tanah, kecepatan perkolasai dan tipe *sub-soil* akan diberikan pada Tabel 5 – 8. Penilaian dari poin-poin ini berdasarkan kepada tipe *sub-soil* dalam hal ini material-material tidak terkonsolidasi yang sebagian besar didasarkan pada distribusi ukuran butir.

Tabel 5. Nilai dari faktor tanah (S) berdasarkan kelas *effective field capacity* (dalam Hoelting et al., 1995).

ΣeFC (mm) hingga 1 m	Faktor Tanah (S)
Lebih besar dari 250	750
> 200 - 250	500
> 140 - 200	250
> 90 - 200	125
> 50 - 90	50
Lebih kecil atau sama dengan 50	10

Keterangan:
eFC – *Effective Field Capacity*

Tabel 6. Nilai dari faktor kecepatan imbuhan (W) berdasarkan kepada kecepatan imbuhan airtanah (dalam Hoelting et al., 1995).

U (mm/tahun)	P-ET _p (mm/tahun)	Faktor W
≤ 100		1.75
> 100 – 200	≤ 100	1.50
> 200 – 300	> 100 – 200	1.25
> 300 – 400	> 200 – 300	1.00
> 400	> 300 – 400	0.75
	> 400	0.50

Keterangan:
U – kecepatan imbuhan airtanah; P – curah hujan; ET_p – evapotranspirasi potensial
Faktor W direkomendasikan untuk ditentukan berdasarkan imbuhan airtanah tahunan (U)
Jika memungkinkan untuk menghitung imbuhan airtanah tahunan; faktor W harus ditentukan berdasarkan nilai dari keseimbangan air klimatik (P – ET_p)

Tabel 7. Nilai dari faktor RS soil dari material terkonsolidasi (dalam Holting et al. 1995).

Jenis Litologi	O	Struktur	F
Batulempung, batu lanau, napal	20	Tidak ada retakan	25
		Sedikit retakan	4
Batupasir, kuarsit, piroklastik, plutonik, batu metamorf	15	Retakan cukup banyak sedikit karsifikasi	1.0
Batupasir porous, batuan volkanik porous		Cukup karsifikasi	0.5
Konglomerat, breksi, kalkstein, kalktuff, dolomit, gypsum	5	Banyak retakan, atau banyak karsifikasi	0.3
		Tidak karsifikasi	1.0

Tabel 8. Nilai dari faktor tipe sub-soil dari material tidak terkonsolidasi (dalam Hoelting et al., 1995).

Kode	Tipe sub-soil	Faktor (R _u)
	Tipe material tidak terkonsolidasi	
T	Clay	500
Tl, Tu'	Loamy clay, slightly silty Clay	400
Ts'	Slightly sandy clay	350
Tu, Ltu	Silty clay, silty clayey loam	320
Lt	Clayey loam	300
Tu, Ts	Silty clay, sandy clay	270
Ul	Loamy silt	250
Lt', Lts	Sandy clayey loam, slightly clayey loam	240
Ut, Lu	Clayey silt, silty loam	220
Ts, Lsu, Ls', Ul, Ut	Silty sand loam	200
Ls, Ul'	Sandy loam, loamy Silt	180
Ul', Uls, U, Ls	Slightly clayey silt, sandy loamy silt	160
St', St, Slu	Slightly clayey sand, silty loamy sand	140
Us, Si	Sandy silt, loamy sand	120
Sl, Su	Loamy sand, silty sand	90
St', Su, Gst	Slightly clayey sand, clayey sandy gravel	75
Sl', Gsu	Slightly loamy sand, silty sandy gravel	60
Su', Sgu'	Slightly silty sand, Slightly silty gravelly sand	50
S	Sand	25
Sg, Gs	Gravelly sand, sandy gravel	10
G, Gx, Xg	Gravel, breccia	5
	Volcanic unconsolidated rocks (e.g. pyroclastic flow deposit)	200
	Peat	400
	Mud	300

Dengan isi yang dapat dilihat dengan jelas dari penambahan zat-zat organik dari 75 point/meter (tidak dengan gambut dan lumpur),
T – clay, U – silt, L – loam, S – sand, G – Gravel, X - > Gravel – Block.

Perlindungan efektif total (P_T) dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$P_T = P_s + P_r + QP + HP$$

Dimana :

P_s perlindungan dari tanah penutup, $P_s = S \cdot W$

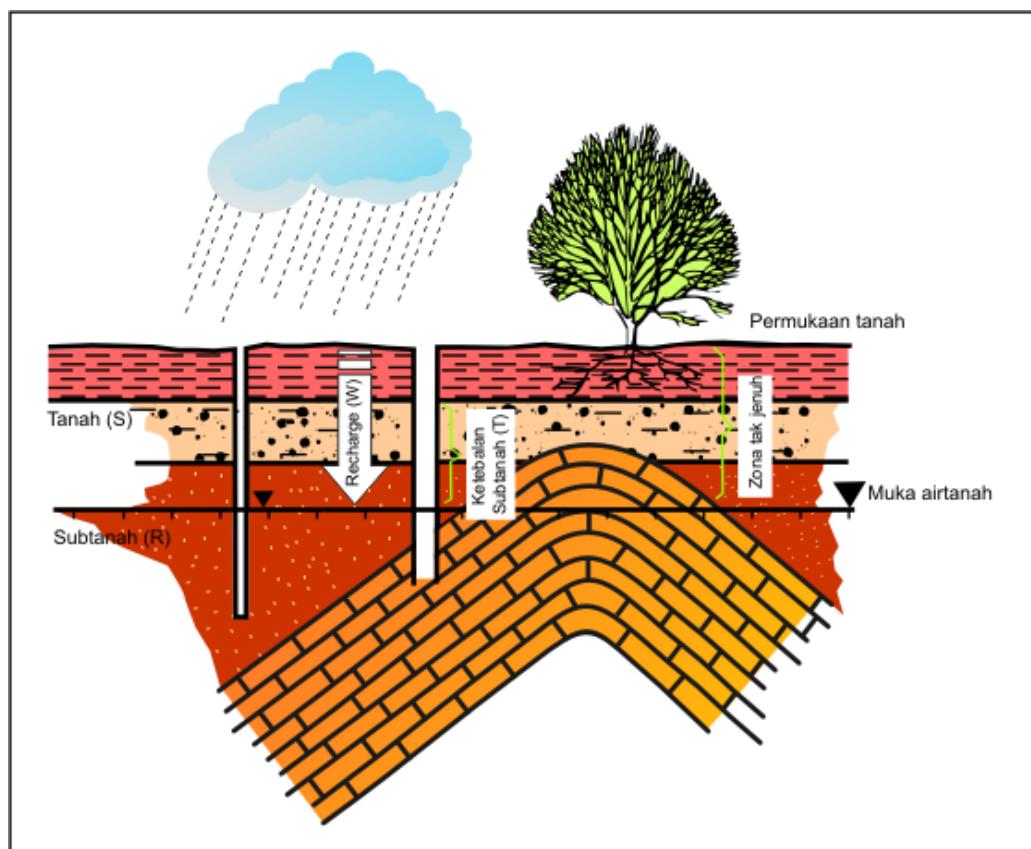
P_r perlindungan dari *sub-soil* penutup :

$$P_r = W \cdot (R_1 T_1 + R_2 T_2 + \dots + R_n T_n)$$

QP poin tambahan untuk sistem akuifer menggantung

HP poin tambahan untuk kondisi tekanan hidraulik (artesis)

Gambar 12 menunjukkan parameter-parameter dan evaluasi dari kerentanan airtanah dalam metode Hoelting et al. (1995), dan Tabel 9 menunjukkan kelas dari perlindungan efektif total lapisan yang terletak di atas airtanah dan waktu relatif perjalanan air dari permukaan ke muka airtanah (*travel time*).



Gambar 12. Parameter-parameter dan evaluasi dari kerentanan airtanah dalam metode Hoelting (modifikasi dari Wimmer et al., 2002).

Tabel 9. Kelas dari perlindungan efektif tanah dan batuan penutup dan perkiraan waktu tempuh dari air perkolasi pada zona tidak jenuh air (Hoelting et al., 1995).

Perlindungan efektif	Jumlah total poin	Perkiraan waktu tempuh Dalam zona tidak jenuh air
Sangat tinggi	≥ 4000	> 25 tahun
Tinggi	> 2000 – 4000	10 – 25 tahun
Sedang	> 1000 – 2000	3 – 10 tahun
Rendah	> 500 – 1000	Beberapa bulan sampai 3 tahun
Sangat rendah	≤ 500	Beberapa hari sampai 1 tahun, pada sistem hidrogeologi karst, seringkali lebih cepat

B. Metode SVV

Metode SVV (Simple Vertical Vulnerability) adalah pendekatan pemetaan kerentanan airtanah dimana ditujukan untuk digunakan pada lokasi dengan kondisi airtanah yang dangkal, terutama pada daerah yang kekurangan data pengukuran dan data sifat fisik tanah/batuan (Putra, 2007). Metoda ini dihitung dengan metoda rating sederhana berdasarkan tiga faktor, yaitu:

- Imbuhan Airtanah (W_u)
- Lapisan Penutup/*Overlying Material* (L)
- Kedalaman Muka Airtanah (Z)

Point untuk setiap klas faktor-faktor tersebut di atas dapat dilihat pada tabel 10 dan 11. Untuk Faktor kedalaman muka airtanah, poin sesuai dengan nilai kedalaman muka airtanah.

Tabel 10. Nilai SVV untuk faktor kecepatan perkolasi (W_u) berdasarkan kelas imbuhan airtanah (Putra, 2007).

Imbuhan airtanah (mm/tahun)	Point faktor kecepatan perkolasi
< 50	14
50 - 100	10
100 – 200	8
200 – 300	6
300 – 400	5
400 – 500	4
500 – 600	3
> 600	2

Serupa dengan metode Hoelting et al. (1995), tingkatan dari kerentanan pada metode ini dinyatakan dengan perlindungan efektif (kemampuan lapisan yang terletak di atas akuifer untuk melindungi airtanah) dalam skema waktu perjalanan adveksi air. Waktu perjalanan adveksi air ditentukan dengan asumsi, dimana rembesan air akan mencapai permukaan airtanah melalui lapisan penutup oleh infiltrasi difusi secara relatif tanpa adanya infiltrasi terpusat yang signifikan, seperti *preferential flow* dan infiltrasi yang terjadi pada lubang atau rekahan batuan.

Tabel 11. Nilai SVV dari faktor lapisan penutup (L) berdasarkan tipe tanah/batuan tidak terkonsolidasi (Putra, 2007).

Kelas Tekstur Tanah/Batuan	Kode dari Tekstur Tanah/Batuan (AG Boden, 1996)	Point dari faktor Lapisan Penutup/Overlying Material
Gravelly sand – sandy gravel	Gs, SG	8
Medium sand	mS, mSgs	11
Medium – fine sand, fine – medium sand, coarse – fine sand, slightly silty sand	mSfs, fSms, Su'	16
Loamy sand, slightly clayey sand, fine sand	Sl, St', fS	24
Silty sand, clayey sand, sandy silt	Su, St, Us	29
Sandy loam, silty loamy sand, sandy loamy silt	Ls, Slu, Uls,	32
Silty loam, silt, clayey Silt	Lu, Uu, Ut	36
Clayey loam, sandy clayey loam	Lt, Lts	42
Silty clay	Tu	49
Loamy clay	Tl	51
Clay	Tt	56

Harus disadari, bahwa sebagian besar zona tidak jenuh air di alam akan tersusun oleh lebih dari satu endapan/lapisan tanah atau batuan. Berdasarkan Connor et al. (1997), pada sistem stratifikasi yang tersusun oleh banyak perlapisan, lapisan batuan atau tanah dengan permeabilitas paling rendah sebenarnya akan mengontrol kecepatan imbuhan dan kecepatan air perkolasasi. Oleh karena itu hasil akhir numerik dari metode SVV yang dikembangkan untuk kondisi airtanah dangkal harus dihitung dengan rumus berikut :

$$P_T = L_a + Z + W_u$$

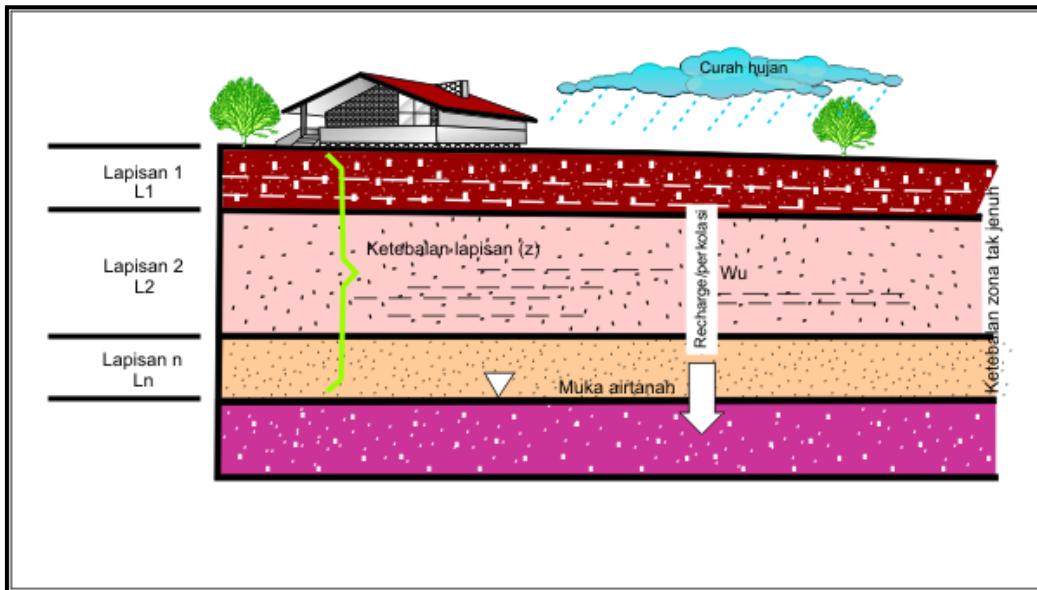
Dimana:

P_T hasil akhir dari perlindungan efektif dari zona tidak jenuh air

L_a nilai rata-rata dari tanah/batuan pelindung; $L_a = (L_1 + L_2 + \dots + L_n)/n$

Z nilai dari ketebalan zona tidak jenuh air

W_u nilai dari kecepatan imbuhan
 n jumlah dari lapisan penutup



Gambar 13. Parameter-parameter dan evaluasi dari kerentanan airtanah dalam metode SVV (Putra, 2007).

Tabel 12. Nilai akhir dari metode SVV dan klasifikasi dari kerentanan airtanah (Putra, 2007).

Interval dari nilai akhir	Perlindungan efektif dari lapisan penutup	Kerentanan airtanah intrinsik	Waktu tempuh relatif pada zona tidak jenuh air
> 70	Sangat tinggi	Sangat rendah	> 25 tahun
> 65 – 70	Tinggi	Rendah	10 – 25 tahun
> 35 – 65	Sedang	Sedang	3 – 10 tahun
> 24 – 35	Rendah	Tinggi	Beberapa bulan – 3 tahun
≤ 24	Sangat rendah	Sangat tinggi	Beberapa hari – 1 tahun

Berdasarkan peta kerentanan airtanah yang dibuat, zonasi tata guna lahan dapat ditentukan. Prinsipnya area dengan kerentanan aquifer yang tinggi terhadap pencemaran sebaiknya diperuntukkan untuk penggunaan lahan dengan potensi pencemaran yang kecil, sedangkan pada daerah dengan kerentanan aquifer yang rendah (perlindungan lapisan penutup tinggi) terhadap pencemaran diperuntukkan untuk penggunaan lahan dengan potensi pencemaran yang besar, seperti kegiatan industri, pembuangan sampah akhir dan sebagainya.

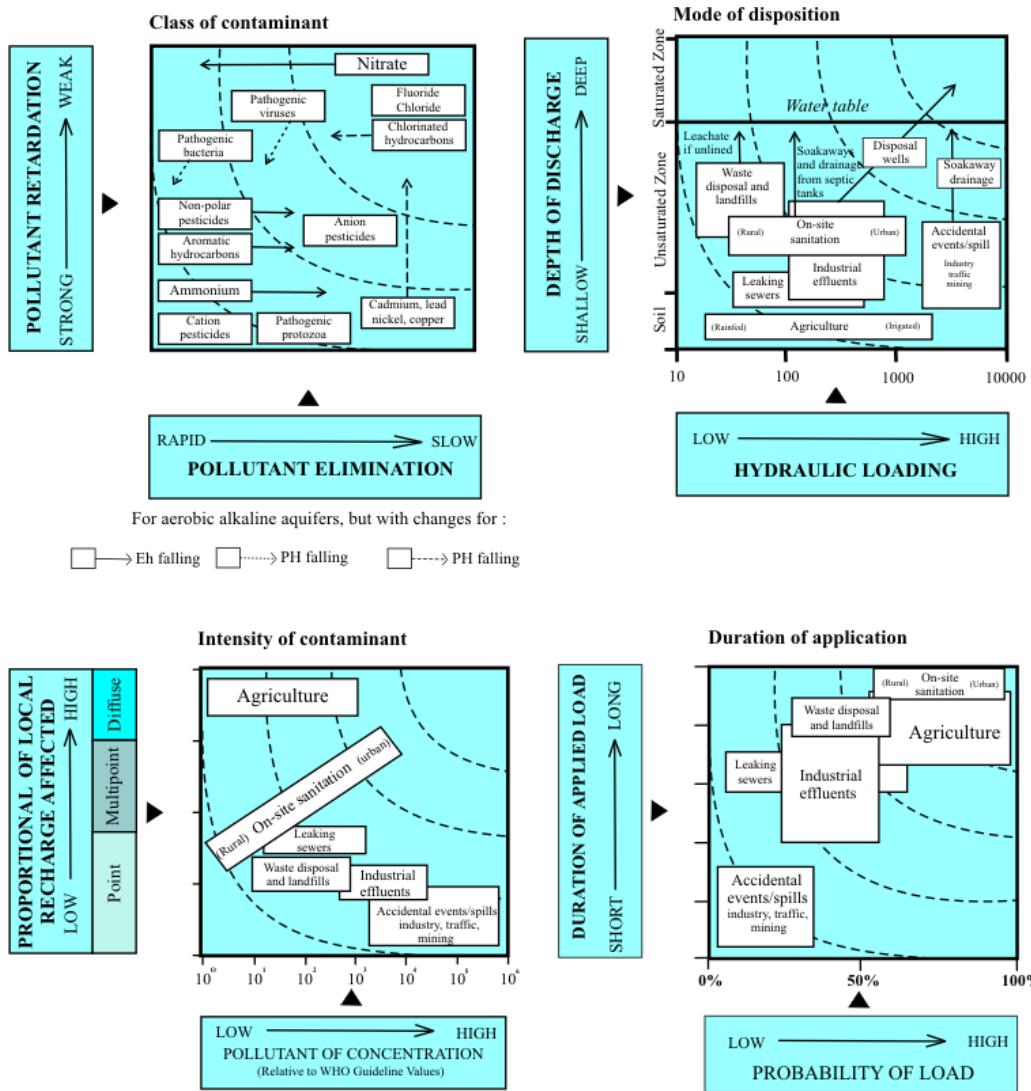
B. Mengendalikan/mengontrol sumber pencemar airtanah

Kontrol terhadap sumber pencemar airtanah dapat dilakukan jika permasalahan pada sumber pencemar dapat diidentifikasi. Oleh sebab itu, untuk sumber-sumber berpotensi pencemaran yang telah ada, penentuan tindakan pengendalian dilakukan berdasarkan;

- (1) inventarisasi sumber pencemar : lokasi, jenis kegiatan, kemungkinan zat pencemar, dll.
- (2) mengkaji potensi masuknya zat pencemar dari sumber-sumber pencemar tersebut (hasil inventarisasi) ke dalam airtanah (*assessment of contaminant loading potential*).

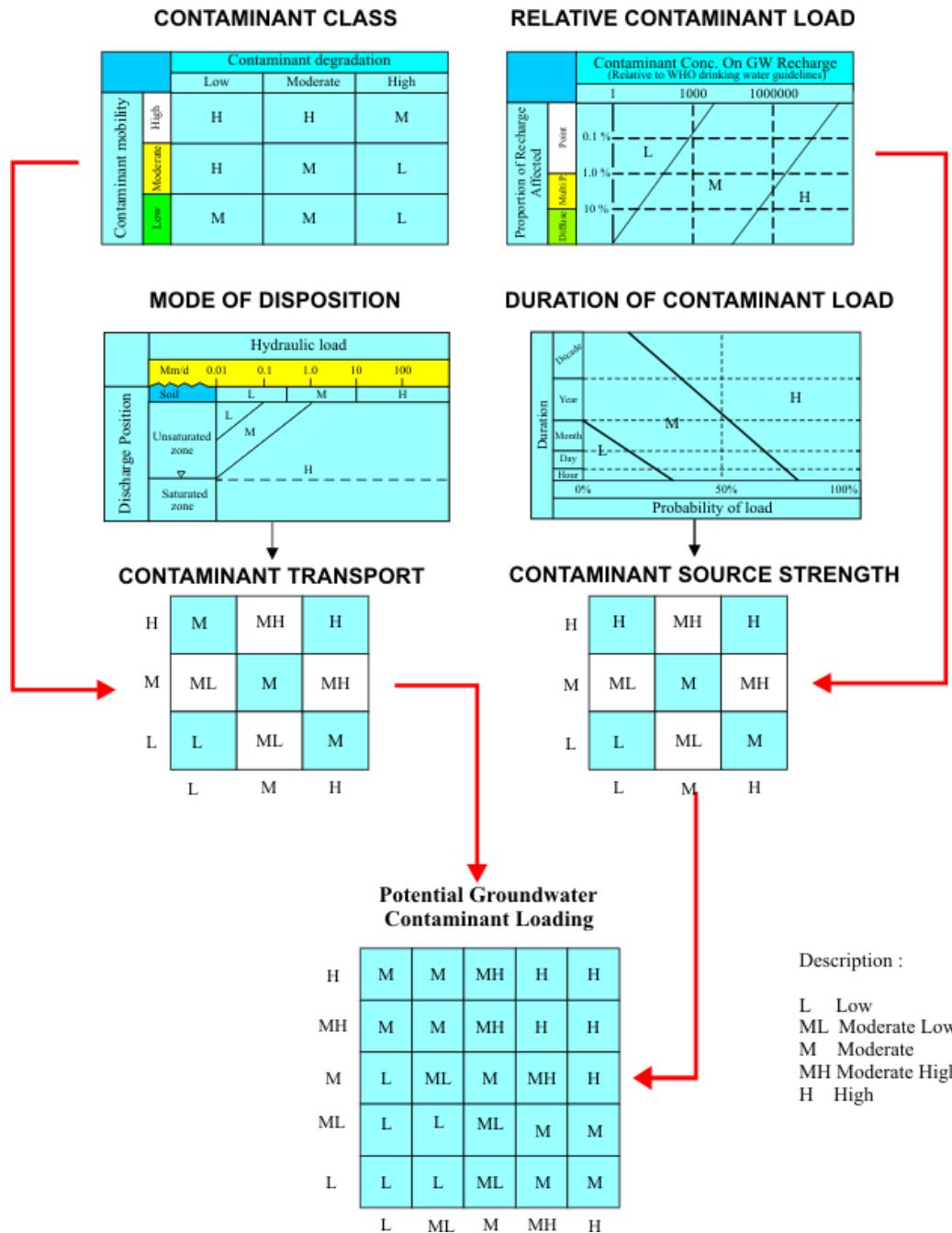
Inventarisasi sumber pencemar merupakan kegiatan yang paling sulit oleh karena beragamnya kegiatan/aktivitas manusia yang dapat menjadi sumber pencemar airtanah dan bervariasi zat pencemar pada setiap kegiatan tersebut. Langkah pertama dalam inventarisasi adalah memetakan setiap penggunaan lahan dan aktivitas/jenis kegiatan yang ada di wilayah cekungan airtanah atau zona perlindungan sumber air baku, kemudian mengumpulkan informasi untuk setiap kegiatan mengenai limbah (kuantitas dan kualitas limbah), sistem pengolahan limbah, sistem pembuangan limbah dan sebagainya.

Hingga sekarang, hanya sedikit metoda-metoda spesifik yang secara rinci diarahkan untuk mengkaji potensi pemuat zat pencemar ke dalam airtanah. Menurut Johansson & Hirata (2002), salah satu metode yang komprehensif dan sederhana untuk penilaian terhadap tipe yang berbeda dari masuknya zat pencemar dikembangkan oleh Mazurek (1979). Metodologi *contaminant loading assessment* yang komprehensif harus didasarkan pada empat faktor penting, yaitu (1) kelas dari zat pencemar, (2) intensitas zat pencemar, (3) modus disposisi dan (4) jangka waktu dan probabilitas masuknya zat pencemar, lihat Gambar 14 .



Gambar 14. Karakterisasi dari faktor-faktor masuknya zat pencemar (Chilton et al., 2006).

Meskipun metode terlihat sederhana, kenyataannya ada kelemahan dan kesulitan dalam mengevaluasi tiap karakteristik dari faktor masuknya zat pencemar, karena itu diperlukan pengetahuan yang lebih mendalam inventarisasi zat pencemar dari suatu sumber, yang umumnya sulit atau tidak bisa dipenuhi di dalam daerah studi. Oleh karena itu, pendekatan dengan persamaan empirik, data literatur, dan karakteristik umum dari masuknya zat pencemar sebaiknya diterapkan untuk memenuhi persyaratan-persyaratan dari metoda tersebut.



Gambar 15. Tahap proses perolehan nilai akhir pada potensi masuknya zat pencemar (Johansson & Hirata, 2002 dalam Putra, 2007).

Modifikasi metoda pengkajian *contaminant loading potential* menurut Johansson & Hirata (2002) diperlihatkan pada Gambar 15. Berdasarkan metoda ini, klas potensi masuknya zat pencemar dari suatu sumber pencemar dibedakan dalam lima kelas: tinggi, agak tinggi, sedang, agak rendah dan rendah. Klas akhir ini diperoleh dengan menerapkan prosedur-prosedur berdasarkan tiga tahap evaluasi.

Pada tahap pertama, langkah awal adalah menganalisa klas pencemar menurut mobilitas dan degradasi zat pencemar di bawah permukaan (lihat Tabel 13). Pada bagian kedua, modus disposisi zat pencemar dievaluasi dalam kaitan dengan kedalaman muka airtanah dan sumber masuknya pencemar (*effluent* potensial/kebocoran/pelepasan *spill* dari sumber pencemar yang mungkin tersaring pada muka airtanah). Masuknya zat pencemar pada permukaan tanah akan menghasilkan rating yang rendah pada modus disposisi karena proses retensi dan degradasi. Meskipun demikian, volume atau debit yang tinggi dari pencemar akan membuat proses transportasi menjadi lebih cepat. Hasil dari penilaian klas zat pencemar dan modus disposisi dikombinasikan pada suatu matriks untuk memperoleh karakteristik transportasi zat pencemar dari sumber yang dievaluasi.

Tabel 13. Karakteristik transportasi zat pencemar dibawah permukaan dan atau airtanah.

Kelas zat pencemar	Tipe zat pencemar	Pergerakan zat pencemar*	Penurunan zat pencemar*
Patogen	Bakteri patogen	Sedang	Tinggi
	Protozoa patogen	Rendah	Sedang
	Virus patogen	Tinggi	Sedang
Nutrien	Nitrat (NO ₃ ⁻)	Sangat tinggi	Sangat rendah
	Amoniak (NH ₄ ⁺)	Rendah	Tinggi
	Klorida (Cl ⁻)	Sangat tinggi	Sangat rendah
	Sulphate (SO ₄ ²⁻)	Tinggi	Rendah
Kimia organik /hidrokarbon (tidak termasuk biocides)	Halogenated/Chlorinated Solvents	Tinggi	Rendah
	Hidrokarbon aromatik	Sedang	Tinggi
	PCBs	Rendah	Rendah
	Chlorinated Benzenes	Sedang	Tinggi
	Chlorinated Phenols	Rendah	Tinggi
	PAH _s	Rendah	Sedang
	Non Chlorinated Phenols	Tinggi	Tinggi
Pestisida	Pestisida kation	Rendah	Tinggi
	Pestisida anion	Sedang	Sedang
	Pestisida non polar	Sedang	Tinggi
Logam berat	Hg, Pb, Cd, Cr(III)	Rendah	Rendah
	Se, As, Cr(VI)	Tinggi	Rendah

* kondisi alkali-aerobik

Sumber: Foster & Hirata (1988), US EPA (1991), Teutsch et al. (1997), Morris et al. (2003), Chilton et al. (2006) and Rivett et al. (2006)

Dalam tahap kedua, *relative contaminant load* (intensitas pencemaran) akan dievaluasi, berdasarkan atas proporsi dari daerah imbuhan airtanah (titik, garis, poligon, atau area) dan intensitas sumber pencemaran dengan syarat konsentrasi berdasarkan pedoman air minum menurut World Health Organization (WHO, 2004). Selanjutnya, dalam diagram *duration of contaminant load*, probabilitas dan jangka waktu pencemaran akan dievaluasi. Hasil dari kedua analisis di atas kemudian dikombinasikan dalam matriks

source strength. Pada langkah terakhir, nilai yang didapat dari matrik transportasi zat pencemar dan *source strength* sumber pencemaran dikombinasikan untuk mendapatkan klas akhir potensi pencemaran airtanah dari sumber yang dievaluasi.

Berdasarkan klas potensi pencemaran airtanah ini, tindakan-tindakan pengendalian dapat ditentukan berdasarkan jenis tata guna lahan/sumber pencemar. Contoh pilihan-pilihan pengendalian terhadap sumber pencemar dapat dilihat secara berurutan pada Tabel 14 – 16 di bawah ini.

Tabel 14. Pilihan pengendalian terhadap sumber pencemar *point source* (Foster and Hirata, 1988)

Sumber Pencemar	Kriteria Pengawasan	Persyaratan Instalasi	Instalasi Alternatif
On-site Sanitation	Kepadatan penduduk Limbah non-industri Penggunaan airtanah	Aplikasi septic tank sesuai standar	Sentralisasi sistem sanitasi terpadu
Tangki penyimpanan Jaringan Pipa Diatas dan dibawah permukaan tanah	Tipe bahan kimia Penggunaan airtanah	<i>Double lining</i> , Pendeteksian kebocoran, Pendeteksian hambatan	Pemasangan diatas permukaan tanah Atau pelarangan sama sekali
Pembuangan limbah padat domestik dan Industri	Tipe sampah Penggunaan airtanah	Impermeabilisasi bagian bawah dan atas TPA, Pengumpulan dan pengolahan <i>leachate</i>	Insenerasi, pembuangan sampah pada daerah terpencil
Kolam-kolam limbah - Pertanian - Pemukiman - Industri	Tip/kualitas limbah cair	Impermeabilisasi bagian bawah kolam	Pelarangan instalasi, pengolahan limbah, pembuangan pada tempat terpencil

Tabel 15. Pilihan tipe proses pengolahan limbah industri berdasarkan jenis zat pencemar (Foster and Hirata, 1988).

Proses pengolahan limbah	Kemampuan Eliminasi Zat Pencemar									
	P	N	Heavy metals	Cr ⁶⁺	Sianida	Organik alamiah	Oli	Phenol	Pestisida	Organik sintetik
Oksidasi dan Reduksi Kimia				X	X			X		X
Sedimentasi							X			
Klarifikasi	X		X	X		X	X			
Flotasi							X			
Filtrasi			X							
Penukaran Ion	X	X	X	X				X		?
Kolam Limbah/Lagooning	X	X				X	X	X		
Emulsi							X			?
Adsorpsi						X		X	X	X
Biologi	X	X				X		X		?
Insenerasi					X	X	X	X		X
Sludge dewatering						X	X	X		X
Desalinisasi			X	X						

Keterangan:

X Efektif
? Tidak Efektif

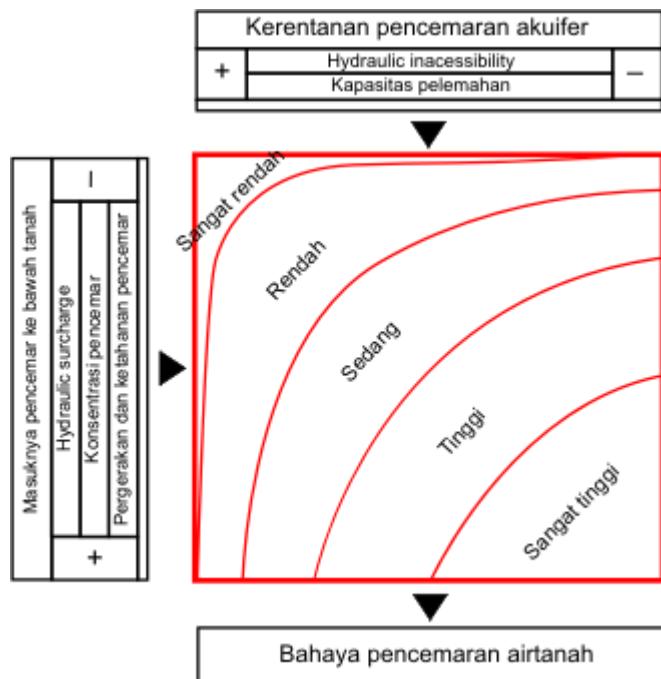
Tabel 16. Beberapa tindakan untuk mengendalikan pencemaran *diffuse* pada lahan pertanian (Foster and Hirata, 1988).

Perubahan Tindakan Agronomi pada Lahan		Konsekuensi Terhadap Produktivitas Lahan	Efek Terhadap Kualitas Imbuhan Airtanah pada Lahan
Tindakan pengendalian utama	Kontrol luasan/waktu pemupukan/aplikasi pestisida	Menurun, tetapi banyak kasus pada batasan yang dapat diterima	Mengurangi <i>leaching</i> nitrat dan pestisida
	Penutupan tanaman	Sulit untuk digeneralisasi	Mengurangi imbuhan air pada lahan dan <i>leaching</i> nitrat
	Peningkatan efisiensi irigasi	Secara umum meningkat	Mengurangi <i>leaching</i> nitrat dan pestisida
	Mengurangi intensitas pengembalaan hewan pada lahan rerumputan	Menurun, tetapi pada proporsi yang rendah	Mengurangi <i>leaching</i> nitrat tapi tidak proporsional
Tindakan pengendalian tambahan	Pelarangan penggunaan tipe pestisida tertentu	Resiko penurunan produksi yang tajam	Menghilangkan resiko zat pencemar
	Perubahan menjadi lahan lain pada zona perlindungan sumber air baku	Penurunan produktivitas yang tajam	Menghilangkan <i>leaching</i> nitrat dan pestisida

C. Pembuatan Peta Bahaya dan Resiko Pencemaran Airtanah

Pembuatan peta bahaya pencemaran airtanah (*groundwater contamination hazard*) baik untuk *source-oriented* maupun *aquifer-oriented*, didekati paling logis dengan memperhatikan hubungan antara:

- (1) kerentanan aquifer terhadap pencemaran (*groundwater vulnerability*), yang dipengaruhi oleh karakteristik alami dari lapisan yang memisahkan airtanah dan permukaan tanah (zona tak jenuh air), dan
- (2) inventarisasi sumber pencemar dan potensi masuknya zat pencemar dari sumber-sumber potensial tersebut (*contaminant loading*).



Gambar 16. Skema konseptual cara menentukan peta bahaya pencemaran (Foster et al. 2001).

Untuk menghasilkan peta bahaya pencemaran airtanah, dapat digunakan matrik simetris hubungan antara kerentanan airtanah terhadap pencemaran dan potensi masuknya zat pencemar pada airtanah seperti di bawah ini :

Waktu tempuh relatif pada zona tak jenuh	Potensi masuknya zat pencemar				
	L	ML	M	MH	H
> 25 tahun	N	N	L	L	M
10 - 25 tahun	N	L	L	M	M
3 - 10 tahun	L	L	M	M	H
Beberapa bulan - 3 tahun	L	M	M	H	H
Beberapa hari - 1 tahun	M	M	H	H	E

Bahaya pencemaran airtanah
(Tingkat konsentrasi zat pencemar)

N Diabaikan
 L Rendah
 M Sedang
 H Tinggi
 E Sangat tinggi

Gambar 17 . Matrik untuk menentukan bahaya pencemaran airtanah berdasarkan peta kerentanan airtanah terhadap pencemaran dan peta potensi masuknya zat pencemar pada airtanah.

Terminologi bahaya pencemaran airtanah tidaklah sama dengan terminologi resiko pencemaran airtanah. Terminologi bahaya pencemaran airtanah tidak menunjukkan secara otomatis adanya akibat buruk yang akan terjadi pada manusia. Terminologi bahaya hanya menunjukkan kemungkinan adanya pencemaran airtanah. Akibat buruk yang akan terjadi harus dikaji dalam terminologi resiko pencemaran airtanah yang muncul akibat adanya interaksi antara manusia (*exposure*) dengan bahaya pencemaran airtanah. Sehingga resiko pencemaran airtanah adalah fungsi dari kemungkinan munculnya bahaya dan kontak/interaksi manusia dengan bahaya tersebut. Berdasarkan hal ini, resiko pencemaran airtanah dapat ditentukan berdasarkan rumusan dibawah ini:

$$RI = HI \times \text{EXPOSURE}$$

$$RI = HI \times W_{at}$$

Dimana:

RI indeks resiko pencemaran airtanah

HI indeks bahaya pencemaran airtanah

W_{at} Nilai strategis airtanah

Nilai strategis airtanah setidaknya ditentukan berdasarkan 3 parameter, yaitu:

1. Jumlah populasi yang tergantung pada airtanah di setiap lahan; semakin besar jumlah populasi yang menggunakan airtanah pada setiap kategori lahan, semakin tinggi nilai strategis airtanah tersebut.
2. Keberadaan sambungan air bersih perpipaan; area tanpa sambungan air bersih perpipaan menjadikan airtanah di lokasi tersebut memiliki nilai strategis yang lebih tinggi dibanding area lainnya.
3. Jenis pemanfaatan airtanah; nilai strategis airtanah di suatu lahan akan semakin tinggi mengikuti jenis pemanfaatan berikut: rekreasi < industri < pertanian < rumah tangga < rumah tangga dengan nilai ekonomis (misal sumber air baku milik PDAM).

Semakin tinggi kategori nilai strategis airtanah, semakin tinggi pula kemungkinan interaksi antara manusia dengan zat pencemar yang terkandung dalam airtanah (Lihat Tabel 16). Sedangkan pembagian klas resiko pencemaran airtanah, kemudian ditentukan berdasar sebaran nilai yang ada (tergantung dari pemberian *rating* klas bahaya pencemaran airtanah). Prioritas tindakan pengendalian utama dilakukan pada area dengan resiko pencemaran airtanah yang tinggi.

Tabel 17. Nilai strategis airtanah (Putra, 2007)

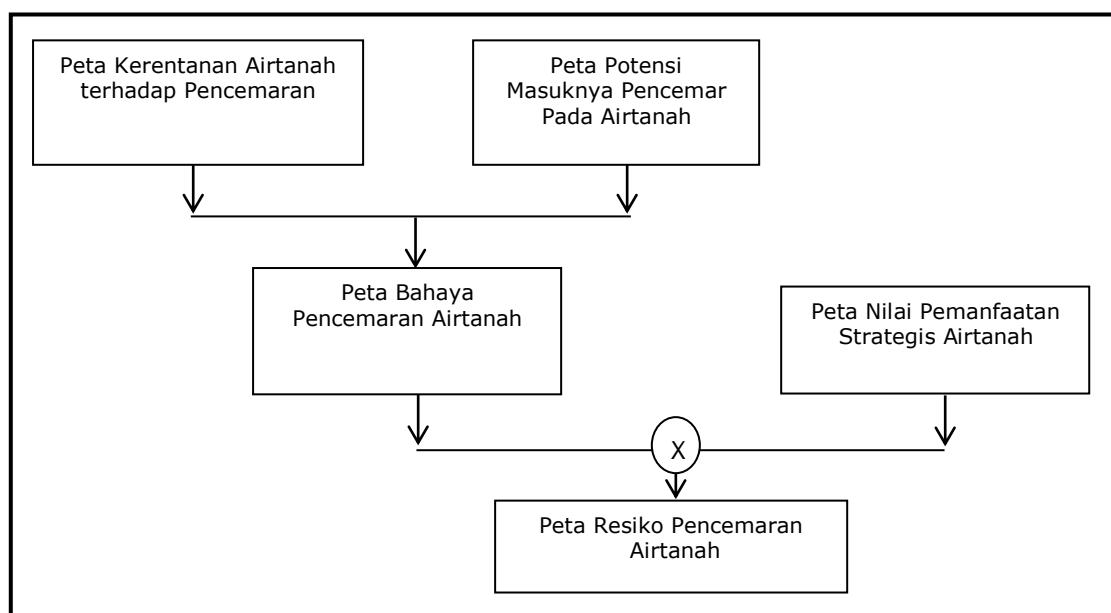
Klas relatif nilai strategis airtanah	Nilai Pemberat (W_{at})
Sangat Tinggi	1.00
Tinggi	0.75
Sedang	0.50
Rendah	0.25
Sangat Rendah	0.00

Selain menentukan prioritas area pengendalian yang *urgent* untuk dikelola, zona resiko pencemaran airtanah mempunyai peran kunci untuk:

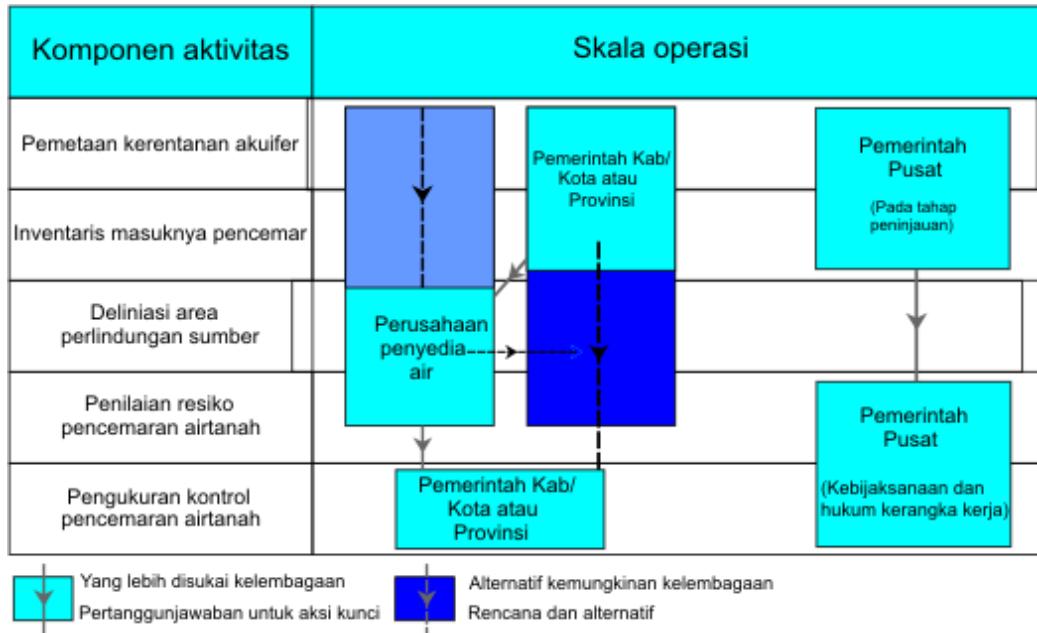
- (1) Menentukan kriteria pemantauan/pengawasan dalam kerangka pengendalian pencemaran airtanah,
- (2) Menentukan kriteria persyaratan pengembangan wilayah/bangunan /lahan dalam kerangka pengendalian pencemaran airtanah,
- (3) Mengatur tata guna lahan beserta dengan segala batasan, larangan dan persyaratannya dalam kerangka pengelolaan kualitas airtanah,

Semua aktivitas tersebut merupakan komponen utama dari strategi yang komprehensif untuk pengelolaan kualitas airtanah dan pencegahan pencemaran airtanah.

Institusi yang bertanggungjawab mengembangkan perlindungan terhadap kualitas airtanah dapat dilihat pada Gambar 19. Institusi-institusi tersebut dapat bersikap proaktif dalam mengembangkan atau memperkirakan resiko pencemaran. Apabila tidak ada lembaga-lembaga khusus yang menangani hal tersebut, maka Pemerintah daerah harus mengambil alih tanggung jawab terhadap hal tersebut di atas.



Gambar 18. Diagram Alir Pembuatan Peta Resiko Pencemaran Airtanah



Gambar 19. Institusi yang bertanggungjawab untuk pengendalian kualitas dan pencemaran airtanah (Foster, et al., 2001).

IV.3. Pengendalian Dalam Rangka Pemulihan Kerusakan Airtanah

Pemulihan airtanah dilakukan untuk memperbaiki kondisi dan lingkungan airtanah yang telah mengalami penurunan kuantitas dan kualitas. Pemulihan airtanah secara garis besar dapat dikategorikan dalam dua bagian; (1) kegiatan pemulihan airtanah akibat kegiatan pengambilan airtanah dan (2) kegiatan pemulihan airtanah akibat pencemaran airtanah.

Kegiatan Pemulihan Airtanah Akibat Kegiatan Pengambilan Airtanah

Untuk kegiatan pengambilan airtanah yang menyebabkan terjadinya penurunan muka airtanah berlebihan, amblesan tanah atau intrusi air laut, maka kegiatan pemulihan airtanah dapat dilakukan dengan cara :

1. Mengurangi atau melarang pengambilan airtanah;
 - a. Pemulihan dengan cara pengurangan atau pelarangan pengambilan airtanah adalah cara yang paling penting dan utama, apalagi jika ditujukan untuk menstabilkan penurunan muka airtanah atau amblesan tanah akibat pemompaan airtanah.
 - b. Jumlah debit yang harus dikurangi dan atau lokasi akuifer yang dilarang pengambilan airtanahnya ditentukan berdasarkan kajian hidrogeologi.

- c. Kajian hidrogeologi yang dimaksud adalah dalam kaitannya dengan penentuan *sustainable yield* pada skala cekungan, akuifer atau sumur pemompaan yang dapat dilakukan secara cermat dengan memanfaatkan bantuan model airtanah (*groundwater modeling*)
 - d. Prinsip dari *Groundwater Modeling* ini adalah, membuat rekaan atau simulasi kondisi hidrogeologi termasuk didalamnya semua informasi tentang sumur-sumur pemompaan airtanah yang ada beserta debit pemompaannya. Kemudian skenario-skenario pengurangan debit pemompaan dan pelarangan dapat disimulasikan berdasar kurun waktu tertentu. Dengan cara ini, pengurangan jumlah debit serta penentuan lokasi akuifer yang terlarang untuk dieksplorasi dapat ditentukan secara optimal.
2. Memindahkan lokasi pengambilan airtanah;
Pilihan pemulihan dengan melakukan pemindahan lokasi pengambilan airtanah sebaiknya dilakukan untuk tujuan penstabilan muka airtanah yang bersifat lokal, misalnya untuk mencegah terjadinya intrusi air laut, melindungi sumber air baku yang berasal dari airtanah dan membatasi defisit aliran airtanah yang berfungsi untuk mensuplai air sungai, rawa-rawa atau danau.
3. Mengatur waktu pemompaan atau pengambilan airtanah;
Pilihan pemulihan dengan melakukan pengaturan waktu pengambilan airtanah sebaiknya juga dilakukan untuk tujuan penstabilan muka airtanah yang bersifat lokal, misalnya untuk mencegah terjadinya intrusi air laut, melindungi sumber air baku yang berasal dari airtanah dan membatasi defisit aliran airtanah yang berfungsi untuk mensuplai air sungai, rawa-rawa atau danau.
4. Membuat imbuhan airtanah buatan;
 - a. Pemulihan airtanah dengan membuat imbuhan airtanah buatan dapat dipakai sebagai bantuan untuk menstabilkan kondisi penurunan muka airtanah yang bersifat lokal dan mengurangi resiko intrusi air asin di akuifer pantai, selain tindakan utama yang telah disebutkan di atas.
 - b. Perlu diperhatikan mengenai kualitas air yang akan digunakan sebagai sumber imbuhan airtanah buatan. Sebab kualitas air yang buruk akan menambah permasalahan pencemaran airtanah.
 - c. Tipe imbuhan airtanah buatan yang tepat untuk pemulihan airtanah adalah tipe injeksi. Tipe ini lebih bersifat aktif daripada tipe imbuhan

airtanah buatan lainnya, dan volume atau debit atau waktu injeksi dapat diatur sesuai dengan kondisi airtanah.

- d. Volume atau debit atau waktu injeksi dapat ditentukan dengan bantuan pemodelan numerik airtanah.

Kegiatan Pemulihan Airtanah Akibat Pencemaran Airtanah

Pemulihan airtanah dalam permasalahan pencemaran airtanah, dilakukan dengan melakukan dua tahapan utama, yaitu:

1. Mengendalikan dan atau mengontrol sumber pencemar airtanah (*Source control*);
2. Melakukan perbaikan kualitas airtanah (*Remediation*).

Upaya pengendalian atau kontrol atau penghentian sumber pencemar merupakan tindakan pertama yang harus dilakukan sebelum dilakukan tindakan perbaikan kualitas airtanah. *Source Control* dapat dilakukan dengan cara: (1) pemindahan atau pembuangan sumber pencemar (*removal and disposal*), (2) isolasi sumber pencemar dengan bangunan atau teknologi isolasi seperti penerapan geotekstil dan isolasi hidrodinamika (*hydrodynamics isolation*).

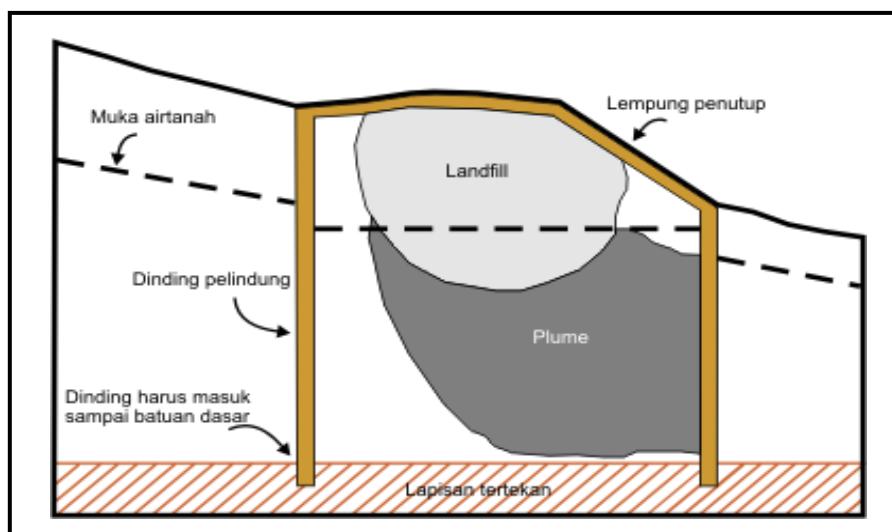
Jika sumber pencemar dapat dipindahkan atau dibuang, misalnya sampah padat berbahaya, pengendalian dapat dilakukan dengan memindahkan bahan berbahaya tersebut. Pemindahan dan pembuangan ini dapat dilakukan dengan alat konvensional biasa untuk mengeruk dan memindahkan bahan berbahaya tersebut pada tempat yang telah ditetapkan.

Jika bahan berbahaya sebagai sumber pencemar tidak dapat dipindahkan atau dibuang ditempat yang semestinya, maka teknik isolasi dengan bangunan atau teknologi dapat dilakukan dalam kerangka pengendalian sumber pencemar tersebut.

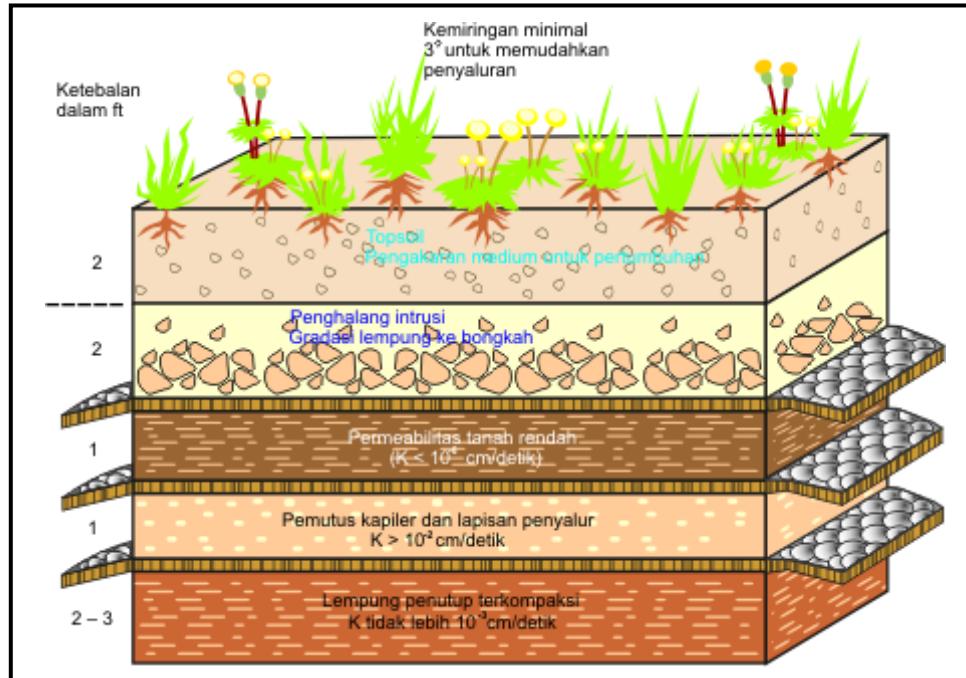
Teknik Isolasi sumber pencemar ini dapat dibedakan menjadi tiga cara, yaitu: (1) *Containment* atau membangun bangunan isolasi pada sumber pencemar (*cut-off wall*), (2) immobilisasi pencemar pada sumber pencemar dan (3) isolasi hidrodinamik.

Containment dapat dibedakan menjadi tiga tindakan, yaitu (1) penutupan bagian atas sumber pencemar, (2) penutupan vertikal sumber pencemar dan (3) penutupan alas sumber pencemar. Immobilisasi pencemar dapat dilakukan dengan cara pemanasan (*solidification*) dan peningkatan impermeabilitas, sedangkan isolasi hidrodinamik dilakukan dengan cara pemompaan airtanah.

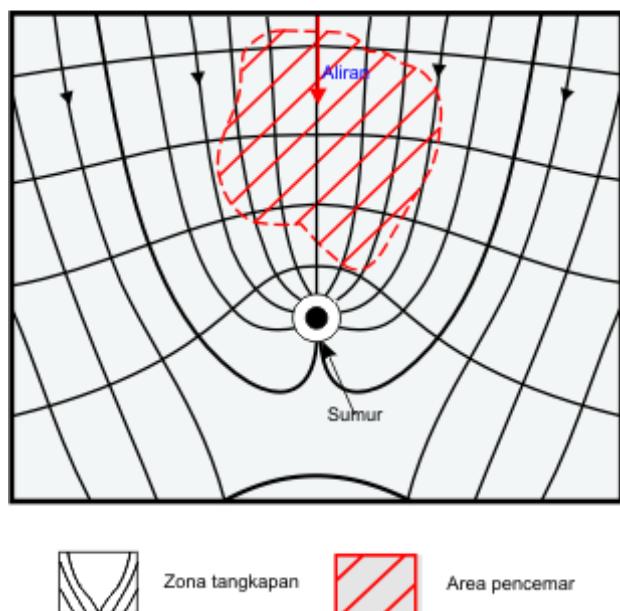
Penentuan pilihan *Source Control* yang optimal ditentukan berdasarkan studi kelayakan untuk setiap tipe tindakan di atas. Studi kelayakan ini minimal memperhatikan aspek hidrogeologi (tingkat pencemaran, sifat zat pencemar, karakteristik akuifer dan airtanah, dll), lingkungan, sosial dan ekonomi.



Gambar 20. *Containment* dalam rangka isolasi pencemar yang berasal dari suatu *Landfill* (Fetter, 1999).



Gambar 21. Mobilisasi pencemar dengan aplikasi geo-tekstil (Fetter, 1999).



Gambar 22. Isolasi hidrodinamik dengan pemompaan airtanah untuk mencegah penyebaran pencemar.

Upaya remediasi tidak akan berhasil jika sumber pencemar airtanah belum dikendalikan atau dikontrol atau dihentikan. Upaya remediasi ini tidak saja merupakan upaya menghilangkan zat pencemar pada airtanah (zona jenuh air) tetapi juga menghilangkan sumber pencemar yang terdapat pada zona tak jenuh air (tanah).

Berdasarkan tipe upaya remediasi dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu (1) remediasi in-situ, jika remediasi dilakukan dengan tanah atau airtanah tercemar yang diolah tetap berada pada kondisi alamiahnya dan (2) remediasi ex-situ, jika remediasi dilakukan dengan mengambil tanah atau airtanah tercemar dari kondisi alamiahnya.

Berdasarkan cara upaya remediasi ini dapat dibedakan lagi menjadi tiga cara, yaitu: (1) cara termal atau panas, (2) cara kimia/fisika dan (3) cara biologi. Cara termal atau penerapan panas setidaknya terdiri atas tiga cara, yaitu cara membakar, cara pyrolysis, dan cara penglasan. Cara kimia/fisika misalnya dengan pemompaan hidrodinamika aktif, cara pencucian tanah, elektrokinetik, ekstraksi, dinding bawah permukaan reaktif, dan lain-lain. Cara biologi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu dengan pemanfaatan mikrobiologi dan pemanfaatan makrobiologi, baik secara alamiah (*intrinsic*) atau buatan (*enhanced*).

Pemilihan metoda remediasi harus didasarkan pada studi kelayakan yang setidaknya memperhatikan faktor-faktor yang disebut berikut ini:

- a. jenis zat pencemar,
- b. tingkat pencemaran,
- c. peluang pengendalian,
- d. tingkat emisi zat pencemar jika diletakkan ditempat lain,
- e. kemungkinan sisa atau limbah hasil remediasi,
- f. lama waktu pengaruh dari tindakan remediasi jika berhasil,
- g. kondisi ekologi (misal pengaruh tindakan remediasi terhadap kualitas tanah atau airtanah),
- h. biaya investasi alat,
- i. biaya operasional alat selama tindakan remediasi,
- j. peluang keberhasilan tindakan remediasi dengan teknologi/metoda yang digunakan,
- k. waktu lamanya tindakan remediasi,
- l. sensibilitas lingkungan terhadap tindakan remediasi dan
- m. peluang pengabungan metoda remediasi.

Pelaksanaan pemulihan airtanah dilakukan dengan pendekatan sosial, ekonomi, dan budaya, dengan mengikuti sertakan peran serta masyarakat.

Masyarakat atau badan usaha yang menyebabkan terjadinya kerusakan kondisi dan lingkungan keberadaan airtanah wajib melakukan pemulihan airtanah dengan biaya sendiri. Pemerintah Pusat maupun Daerah sesuai kewenangannya wajib melakukan pemantauan kegiatan pemulihan airtanah di wilayahnya.

BAB V

PENGENDALIAN AIRTANAH DALAM PERSPEKTIF HUKUM DI INDONESIA

Pengelolaan airtanah di Indonesia pada dasarnya bertumpu pada aspek hukum dan aspek teknis. Aspek hukum merupakan undang-undang dan peraturan yang digunakan untuk melandasi upaya pengelolaan airtanah, baik yang dikeluarkan oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah. Dalam era otonomi, undang-undang dan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah daerah sebenarnya merupakan pranata hukum yang bertindak sebagai ujung tombak pelaksanaan upaya pengelolaan dan perlindungan airtanah, dengan demikian peraturan daerah sangat menentukan dalam pelaksanaan konservasi sumberdaya airtanah.

V.1. Undang-Undang dan Peraturan Tentang Pengelolaan Airtanah

Undang-undang dan peraturan tentang pengelolaan airtanah pada dasarnya menggunakan pasal dalam UUD 1945 sebagai acuan, yaitu Pasal 33 ayat 3 yang berbunyi : “Bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat”. Adapun beberapa peraturan perundangan yang menyangkut tentang airtanah antara lain adalah :

a. *Undang-Undang No. 11 Tahun 1974*

Sebagai perwujudan ayat (3) pasal 33 Undang-Undang Dasar 1945, maka pada tahun 1974 dikeluarkan Undang-Undang No. 11 tentang Pengairan. Undang-Undang ini menitik-beratkan fungsi sosial sumberdaya air, oleh sebab itu penguasaan atas penggunaan sumberdaya tersebut dilakukan oleh Negara bagi kemakmuran rakyat.

Peraturan yang ada mengenai air dan atau sumber-sumber air, sebelum Undang-Undang ini ditetapkan, dirasakan sudah tidak sesuai lagi dengan keadaan saat itu dan tidak memenuhi cita-cita yang diharapkan seperti pada Pancasila dan Undang Undang Dasar 1945.

Algemen Waterreglement (AWR) Tahun 1936 yang dipakai dasar pengaturan sebelum undang-undang tersebut ditetapkan, tidak memberikan dasar yang kuat untuk usaha pengembangan pemanfaatan air dan atau sumber-sumber

air guna meningkatkan taraf hidup rakyat. Selain itu AWR hanya berlaku di P. Jawa dan Madura.

Khusus tentang airtanah pasal 5 ayat (2) pada undang-undang tersebut, ditetapkan sebagai berikut :

"Pengurusan administratif atas sumber airtanah dan mataair panas sebagai sumber mineral dan tenaga adalah di luar wewenang dan tanggung jawab Menteri yang disebut dalam ayat (1) pasal ini" (maksudnya Menteri yang diserahi tugas urusan pengairan). Dengan pasal tersebut jelas, bahwa airtanah memerlukan pengaturan tersendiri oleh Menteri yang diserahi tugas urusan airtanah.

b. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 1982

Untuk pelaksanaan undang-undang tersebut di atas, kemudian ditetapkan Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 1982, tentang Tata Pengaturan Air. Pada ayat (2) pasal 5 Undang-Undang No. 11 dan pasal 6 ayat (1) Peraturan Pemerintah No. 22, maka pengurusan administratif atas sumber airtanah, mataair panas sebagai sumber mineral dan sumber tenaga menjadi wewenang Menteri yang bertanggung jawab dalam bidang pertambangan. Selanjutnya pasal 6 ayat (2) dan (3) peraturan pemerintah tersebut menetapkan :

Ayat (2) :

Pengambilan airtanah untuk penggunaan airnya pada batas kedalaman tertentu hanya dapat dilaksanakan dengan izin Gubernur yang bersangkutan setelah mendapat petunjuk-petunjuk teknis dari Menteri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini.

Karena kedudukan lapisan pembawa airtanah (akuifer) pada tiap daerah berbeda-beda kedalamannya, maka pengaturan pengambilan airtanah harus disesuaikan dengan kondisi hidrogeologi setempat. Batas-batas kedalaman ini ditetapkan oleh Menteri yang diatur dalam suatu peraturan tersendiri.

Pengambilan airtanah memerlukan izin dari pejabat yang diberi wewenang oleh Menteri yang berwewenang dalam bidang pertambangan yang pelaksanaannya diatur tersendiri dalam peraturan perundang-undangan yang khusus mengatur hal tersebut, sedang penggunaannya tunduk pada

ketentuan-ketentuan tersebut pada Peraturan Pemerintah ini atau perundang-undangan lain dalam bidang pengairan.

Ayat (3) :

Pelaksanaan ketentuan pasal ini diatur lebih lanjut oleh Menteri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini.

Dengan demikian kewenangan dalam pengaturan air merupakan kewenangan Pemerintah Pusat, sedangkan dalam batas-batas tertentu kewenangan tersebut dilimpahkan kepada Pemerintah Daerah dalam rangka tugas pembantuan.

c. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 03/P/M/Pertamben/1983

Mengingat ketentuan pada pasal 6 ayat (1) dari Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 1982, maka ditetapkan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 03/P/M/Pertamben/1983, tentang Pengelolaan Airtanah. Pada dasarnya peraturan Menteri tersebut menetapkan, bahwa pengurusan administratif airtanah adalah pengelolaan airtanah dalam arti luas yang mencakup segala usaha inventarisasi, pengaturan pemanfaatan, perizinan dan pengendalian serta pengawasan dalam rangka konservasi airtanah.

Aspek konservasi disebutkan dalam Bab I. Ketentuan Umum, Pasal 1. disebutkan bahwa "konservasi sumber airtanah adalah pengelolaan airtanah untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana dan menjamin kesinambungan ketersediaannya dengan tetap memelihara serta meningkatkan mutunya" (dalam bab berikutnya tentang konservasi air bawah tanah telah dibahas). Sedangkan aspek pengendalian disebutkan dalam Bab VIII Pasal 16 disebutkan bahwa "Direktorat Geologi Tata Lingkungan melaksanakan pengendalian pemanfaatan air bawah tanah pada daerah yang potensi air bawah tanahnya sudah menurun yang mungkin dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan hidup".

Peraturan ini lebih lanjut mengatur wewenang dan tanggung jawab Menteri dalam melaksanakan pengurusan administratif atas sumber airtanah yang dilaksanakan oleh Direktur Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, yang

dapat melimpahkan pelaksanaannya kepada Direktur Geologi Tata Lingkungan.

Pengambilan airtanah hanya dapat dilakukan setelah mendapat izin dari Gubernur, yaitu setelah mendapat saran teknik yang mengikat dari Direktur Geologi Tata Lingkungan. Selain kewenangan dalam pemberian izin, Pemerintah Daerah dilibatkan dalam pelaksanaan pengawasan airtanah bersama-sama dengan Direktorat Geologi Tata Lingkungan dan Kantor Wilayah Departemen Pertambangan dan Energi.

Dengan demikian Pemerintah Daerah melakukan tugas pembantuan pada pengurusan administratif airtanah. Meskipun di dalam Peraturan Menteri tersebut tidak diatur secara khusus mengenai masalah pungutan/biaya pengelolaan, namun untuk melaksanakan tugas pembantuan tersebut, Pemerintah Daerah menetapkan sendiri pungutan/biaya pengelolaan airtanah di daerah masing-masing berdasarkan Peraturan Daerah di bidang airtanah.

Berdasarkan peraturan Menteri di atas, maka Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral mengeluarkan keputusan tentang Pedoman Pelaksanaan Pengelolaan Air Bawah Tanah No. 392.k/526/060000/85.

d. Keputusan Direktur Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral No. 392.k/526/060000/1985

Keputusan ini membahas pedoman pelaksanaan pengelolaan air bawah tanah. Dalam keputusan ini disebutkan mengenai wewenang instansi yang mengurus pengendalian pengambilan air bawah tanah beserta tatacaranya. Hal ini disebutkan dalam bab yang mengatur tentang pengendalian yaitu pada Bab IV, dimana:

Pasal 1 :

Pengendalian pengambilan air bawah tanah dan mataair dilaksanakan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan dan/atau Kantor Wilayah Departemen Pertambangan dan Energi, bekerjasama dengan Instansi Pemerintah yang berwenang;

Pasal 2 :

Tatacara pengendalian, sebagaimana disebutkan pada ayat (1) pasal ini, berpedoman pada peraturan perundang-undangan yang berlaku;

Pasal 4 :

Rencana pengambilan air bawah tanah dengan debit lebih dari 50 (lima puluh) liter perdetik atau rencana pembuatan lebih dari 5 (lima) buah sumur bor untuk daerah seluas kurang dari 10 (sepuluh) hektar, wajib dilengkapi dengan studi kelayakan dan Analisa Dampak Lingkungan (ANDAL), termasuk cara pencegahan dan penanggulangan gangguan dan pencemaran lingkungan hidup yang mungkin timbul;

Pasal 8 :

Untuk setiap 5 (lima) buah sumur bor yang dimiliki, atau setiap pengambilan air bawah tanah dengan debit lebih dari 50 (limapuluhan) liter perdetik, sebagaimana dimaksud pada ayat (4) pasal ini, pemegang izin diwajibkan menyediakan 1 (satu) buah sumur bor khusus memonitor perubahan lingkungan sebagai akibat pengambilan air bawah tanah di daerah sekitarnya;

e. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No.08/03/M.PE/1991

Pasal 22 Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 1982 menetapkan: Penggunaan air dan/atau sumber air untuk kegiatan usaha industri dan pertambangan, termasuk kegiatan usaha pertambangan minyak dan gas bumi diatur bersama oleh Menteri dan Menteri yang bersangkutan.

Oleh itu penggunaan air untuk masing-masing kegiatan tersebut, seperti dinyatakan pada penjelasan pasal di atas, perlu diatur tersendiri dengan memperhatikan aspek teknis maupun administratif bidang bersangkutan dan tata pengaturan air secara keseluruhan. Untuk keperluan itu, pasal tersebut menjelaskan, bahwa Menteri bersama Menteri yang bersangkutan ditugaskan untuk menetapkan peraturan dan persyaratan penggunaan air untuk masing-masing bidang teknis yang bersangkutan.

Atas dasar penjelasan tersebut ditetapkan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 08.P/03/M.PE/1991 tentang Perubahan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 03/P/M/Pertamben/1983 tanggal 15 Desember 1983 yang menetapkan, bahwa : “Izin pengambilan dan pemanfaatan airtanah dan mataair untuk kegiatan usaha industri dan pertambangan diberikan oleh

Menteri yang pelaksanaannya dilakukan Direktur Jenderal (Direktur Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral), sementara izin pengambilan dan pemanfaatan airtanah dan mataair untuk kegiatan di luar usaha industri dan pertambangan tetap dapat diberikan oleh Gubernur sesuai dengan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 03/P/M/Pertamben/1985”.

f. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 02.P/101/M.PE/1994

Pada pelaksanaan di lapangan dari kedua peraturan di atas ditemui adanya pemahaman yang berbeda tentang kewenangan pemberian izin pengambilan airtanah untuk kegiatan usaha industri oleh Pemerintah Daerah, sehingga pengelolaan airtanah di beberapa daerah kurang dapat berjalan dengan lancar.

Oleh sebab itu, di samping untuk menunjang kebijaksanaan Pemerintah di bidang deregulasi dan debirokratisasi, terutama berkaitan dengan pengambilan dan pemanfaatan airtanah, maka Menteri memandang perlu mencabut Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 03/P/M/Pertamben/83 dan Nomor 08.P/03/M.PE/1991 dan menetapkan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 02.P/101/M.PE/1994 tanggal 26 Desember 1994 tentang Pengurusan Administratif Airtanah.

Di dalam peraturan baru tersebut yang paling mendasar adalah, bahwa izin pengeboran dan izin pengambilan airtanah untuk kegiatan di luar kegiatan usaha pertambangan dan energi diberikan oleh Gubernur. Sementara izin pengeboran dan pengambilan airtanah untuk kegiatan usaha pertambangan dan energi diatur tersendiri oleh Menteri.

g. Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1945.K/102/M.PE/1995

Berkaitan dengan penyerahan sebagian urusan pemerintahan di beberapa bidang kepada Daerah Tingkat II Otonomi Percontohan seperti diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 1995, maka di bidang airtanah, Menteri Pertambangan dan Energi menetapkan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No.1945.K/102/M.PE/1995 tanggal 26 Desember 1995 tentang Pedoman Pengelolaan Airtanah untuk Daerah Tingkat II.

Urusan bidang airtanah yang diserahkan kepada Daerah Tingkat II Otonomi Percontohan meliputi:

- a. penerbitan izin pengeboran dan izin pengambilan airtanah
- b. penetapan tarif dan retribusi airtanah
- c. pembinaan dan pengawasan operasional terhadap pengelolaan airtanah

h. Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1946.K/102/M.PE/1995

Sebagai pelaksanaan pasal 7 Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 02.P/101/M.PE/1994, maka ditetapkan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1946.K/102/M.PE/1995 tanggal 26 Desember 1995 tentang Perizinan Pengeboran dan Pengambilan Airtanah untuk Kegiatan Usaha Pertambangan dan Energi.

Dalam keputusan tersebut ditetapkan, bahwa pengeboran dan pengambilan airtanah untuk kegiatan usaha pertambangan dan energi hanya dapat dilaksanakan setelah mendapat izin dari Direktur Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral.

i. Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor : 1451 K/10/MEM/2000

Sebagai lanjutan dari Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi tentang Pengelolaan Airtanah yang sudah ada, maka Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral sesuai dengan kewenangannya menetapkan Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor : 1451 K/10/MEM/2000 tanggal 3 November 2000, tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Tugas Pemerintahan di Bidang Pengelolaan Airtanah.

Keputusan tersebut berisi berbagai pedoman dan prosedur pada pengelolaan airtanah di daerah otonom, yang dimaksudkan sebagai acuan pada pelaksanaan pengelolaan. Pedoman dan prosedur tersebut meliputi:

1. Pedoman Teknis Evaluasi Potensi Airtanah.
2. Pedoman Teknis Perencanaan Pendayagunaan Airtanah.
3. Pedoman Teknis Penentuan Debit Pengambilan Airtanah.
4. Prosedur Pemberian Izin Eksplorasi Airtanah.
5. Prosedur Pemberian Izin Pengeboran dan Izin Pengambilan Airtanah.

6. Prosedur Pemberian Izin Penurapan dan Izin Pengambilan Mata air.
7. Prosedur Pemberian Izin Perusahaan Pengeboran Airtanah.
8. Prosedur Pemberian Izin Juru Bor Airtanah.
9. Pedoman Teknis Pengawasan Pelaksanaan Konstruksi Sumur Produksi Airtanah.
10. Pedoman Teknis Penentuan Nilai Perolehan Air dan Pemanfaatan Airtanah dalam Penghitungan Pajak Pemanfaatan Airtanah.
11. Pedoman Pelaporan Pengambilan Airtanah.

j. Undang-undang Sumber Daya Air No.7 Tahun 2004

Dalam undang-undang ini terdapat bab khusus yang membahas mengenai konservasi sumber daya air dimana dalam bab tersebut dibahas mengenai konservasi dan pengendalian airtanah. Hal ini disebutkan dalam pasal-pasal pada bab tersebut, yaitu :

Pasal 20 Konservasi Menjaga Kelangsungan Daya Dukung dan Tampung dan Fungsi Sumber Daya Air (SDA) :

- (1) Konservasi sumber daya air ditujukan untuk menjaga kelangsungan keberadaan daya dukung, daya tampung dan fungsi sumber daya air.
- (2) Konservasi sumber daya air sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) dilakukan melalui kegiatan perlindungan dan pelestarian sumber air, pengawetan air, serta pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dengan mengacu pada Pengelolaan Sumber Daya Air yang ditetapkan pada setiap wilayah sungai.
- (3) Ketentuan tentang konservasi sumber daya air sebagaimana dimaksud pada Ayat (2) menjadi salah satu acuan dalam perencanaan tata ruang.

Pasal 21 Perlindungan dan Pelestarian :

- (1) Perlindungan dan pelestarian sumber air ditujukan untuk melindungi dan melestarikan sumber air beserta lingkungan keberadaannya terhadap kerusakan atau gangguan yang disebabkan oleh daya alam, termasuk kekeringan dan yang disebabkan oleh tindakan manusia.
- (2) Perlindungan dan pelestarian sumber air sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) dilakukan melalui:
 - a. pemeliharaan kelangsungan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air;

b. pengendalian pemanfaatan sumber air;

Yang dimaksud dengan pengendalian pemanfaatan sumber air dapat berupa:

- mengatur pemanfaatan sebagian atau seluruh sumber air tertentu melalui perizinan; dan/atau
- pelarangan untuk memanfaatkan sebagian atau seluruh sumber air tertentu.

c. pengisian air pada sumber air;

d. pengaturan prasarana dan sarana sanitasi;

e. perlindungan sumber air dalam hubungannya dengan kegiatan pembangunan dan pemanfaatan lahan pada sumber air;

f. pengendalian pengolahan tanah di daerah hulu;

g. pengaturan daerah sempadan sumber air;

h. rehabilitasi hutan dan lahan; dan/atau

i. pelestarian hutan lindung, kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam.

(3) Upaya perlindungan dan pelestarian sumber air sebagaimana dimaksud pada Ayat (2) dijadikan dasar dalam penatagunaan lahan.

(4) Perlindungan dan pelestarian sumber air dilaksanakan secara vegetatif dan/atau sipil teknis melalui pendekatan sosial, ekonomi, dan budaya.

(5) Ketentuan mengenai perlindungan dan pelestarian sumber air sebagaimana dimaksud ayat (2) diatur lebih lanjut dengan peraturan pemerintah.

Pasal 22 Pengawetan Air :

(1) Pengawetan air ditujukan untuk memelihara keberadaan dan ketersediaan air atau kuantitas air, sesuai dengan fungsi dan manfaat.

(2) Pengawetan air sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) dilakukan dengan cara :

- a. menyimpan air yang berlebihan di saat hujan untuk dapat dimanfaatkan pada waktu diperlukan ;
- b. menghemat air dengan pemakaian yang efisien dan efektif ; dan/atau
- c. mengendalikan penggunaan airtanah

(3) Ketentuan mengenai pengawetan air sebagaimana dimaksud pada Ayat (2) diatur lebih lanjut dengan peraturan pemerintah.

Pasal 23 Pengelolaan Kualitas :

- (1) Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air ditujukan untuk mempertahankan dan memulihkan kualitas air yang masuk dan yang ada pada sumber-sumber air.
- (2) Pengelolaan kualitas air sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) dilakukan dengan cara memperbaiki kualitas air pada sumber air dan prasarana sumber daya air.
- (3) Pengendalian pencemaran air sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) dilakukan dengan cara mencegah masuknya pencemaran air pada sumber air dan prasarana sumber daya air.
- (4) Ketentuan mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) diatur lebih lanjut dengan peraturan pemerintah.

Pasal 25 Pelaksanaan Konservasi :

- (1) Konservasi sumber daya air dilaksanakan pada sungai, danau, waduk, rawa, cekungan airtanah, sistem irigasi, daerah tangkapan air, kawasan suaka alam, kawasan pelestarian alam, kawasan hutan, dan kawasan pantai.
- (2) Pengaturan konservasi sumber daya air yang berada di dalam kawasan suaka alam, kawasan pelestarian alam, kawasan hutan, dan kawasan pantai diatur berdasarkan peraturan perundang-undangan.
- (3) Ketentuan mengenai pelaksanaan konservasi sumber daya air sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) diatur lebih lanjut dengan peraturan pemerintah.

k. Peraturan Daerah tentang Airtanah

Dengan pemberlakuan otonomi daerah, maka beberapa daerah Kabupaten/Kota telah menerbitkan peraturan daerah tentang airtanah, tetapi sebagian besar masih mengandalkan peraturan daerah yang lama. Hal tersebut antara lain disebabkan karena belum adanya undang-undang yang baru tentang sumberdaya air setelah pemberlakuan otonomi daerah. Kelembagaan yang berwenang melaksanakan pengelolaan airtanah beragam dari satu daerah otonom ke daerah otonom yang lain. Beberapa contoh peraturan daerah yang ada adalah :

1. Peraturan Daerah Kotamadya Tingkat II Yogyakarta Nomor 9 Tahun 1995

Peraturan Daerah Kotamadya Tingkat II Yogyakarta Nomor 9 Tahun 1995 tentang pengawasan kualitas air ini mempunyai tujuan untuk :

1. Mengatur, membina dan mengawasi pelaksanaan penggunaan air dalam rangka memelihara dan meningkatkan derajat kesehatan masyarakat
2. Mencegah penurunan kualitas dan penggunaan air yang dapat membahayakan kesehatan serta meningkatkan kualitas air.

Dalam peraturan tersebut dibahas, bahwa kegiatan pengawasan kualitas air dilaksanakan oleh Pemerintah Daerah dalam hal ini Dinas Kesehatan dibawah koordinasi dan petunjuk teknis dari Dinas Kesehatan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Hal ini diatur pada Bab IV ayat 4.

Kegiatan pengawasan kualitas air mencakup :

- a. Pengamatan lapangan dan pengambilan contoh air termasuk pada proses produksi dan distribusi.
- b. Pemeriksaan contoh air.
- c. Analisa hasil pemeriksaan.
- d. Perumusan saran dan cara pemecahan masalah yang timbul dari hasil kegiatan tersebut huruf a, b dan c ayat ini.
- e. Pemantauan upaya penanggulangan/perbaikan termasuk kegiatan penyuluhan.

2. Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 13 Tahun 2004

Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 13 Tahun 2004 mengenai Perizinan di Bidang Pengambilan Airtanah merupakan tindak lanjut dari Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 15 Tahun 1996 tentang Pemboran dan Pengambilan Air Bawah Tanah.

Peraturan daerah ini mengatur bahwa setiap orang atau badan hukum yang melakukan kegiatan pengambilan airtanah, pengambilan mata air, dan usaha di bidang jasa pengeboran airtanah wajib memiliki izin. Izin yang dimaksud terdiri atas:

- a. Izin Pengeboran Airtanah;
- b. Izin Pengambilan Airtanah;
- c. Izin Penurapan Mata Air;

- d. Izin Pengambilan Mata Air;
- e. Izin Usaha Perusahaan Pengeboran; dan
- f. Izin Juru Bor.

Dalam peraturan ini disebutkan, bahwa kegiatan pengeboran airtanah hanya dapat dilakukan oleh :

- a. badan hukum yang telah mempunyai izin usaha perusahaan pengeboran airtanah, juru bornya telah mendapatkan izin juru bor dan instalasi bornya telah mendapat surat tanda instalasi bor dari asosiasi, dan telah memperoleh registrasi dari lembaga sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku;
- b. instansi pemerintah yang juru bornya telah mendapatkan izin juru bor dan instalasi bornya telah mendapat surat tanda instalasi bor dari asosiasi, dan registrasi dari lembaga sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pelaksanaan pembinaan, pengawasan, dan pengendalian pelaksanaan kegiatan di bidang pengambilan airtanah dilakukan oleh instansi teknis yang ditetapkan oleh Bupati

3. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Barat No.3 Tahun 2004

Peraturan ini mengatur tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Mengingat sifat air yang dinamis dan pada umumnya berada dan atau mengalir melintasi batas wilayah administrasi pemerintahan, maka pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air tidak hanya dapat dilakukan sendiri-sendiri (parsial) oleh satu pemerintah daerah. Dengan demikian harus dilakukan secara terpadu antar wilayah administrasi dan didasarkan pada karakter ekosistemnya sehingga dapat tercapai pengelolaan yang efisien dan efektif.

Setiap orang atau badan yang melaksanakan pembuangan air limbah ke sumber air harus :

- a. mempunyai izin pembuangan air limbah;
- b. memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL);
- c. memiliki operator dan penanggung jawab Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang bersertifikat;

- d. memenuhi persyaratan mutu dan kuantitas air limbah yang boleh dibuang ke media lingkungan;
- e. memenuhi persyaratan cara pembuangan air limbah;
- f. mengadakan sarana dan prosedur penanggulangan keadaan darurat;
- g. melakukan pemantauan mutu dan debit air limbah;
- h. melaksanakan analisis mengenai dampak lingkungan;
- i. melakukan swapantau dan melaporkan hasilnya;
- j. memberikan informasi yang benar dan akurat mengenai pelaksanaan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Pemantauan kualitas air pada sumber air lintas Kabupaten/Kota dilaksanakan secara terkoordinasi dengan Kabupaten/Kota yang bersangkutan.

4. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur No.5 Tahun 2000

Peraturan daerah ini mengatur tentang pengendalian pencemaran air di Propinsi Jawa Timur. Pengendalian pencemaran air, dimaksudkan sebagai upaya pencegahan pencemaran dan sumber pencemar, penanggulangan dan atau pemulihan mutu air pada sumber-sumber air. Pengendalian pencemaran air dilaksanakan untuk menjaga agar mutu air pada sumber-sumber air tetap terkendali sesuai dengan peruntukannya. Pengendalian pencemaran air bertujuan untuk rnewujudkan kelestarian fungsi air, agar air yang ada pada sumber-sumber air dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sesuai dengan peruntukannya.

Peraturan ini memberikan kewenangan dan tanggung jawab kepada Gubernur untuk mengendalikan pencemaran yang meliputi :

- a. perlindungan, penanggulangan dan pemulihan mutu air pada sumber-sumber air;
- b. pencegahan pencemaran air pada sumber pencemaran;
- c. penetapan perizinan pembuangan limbah cair;
- d. pengawasan.

V.2. Permasalahan Undang-Undang dan Peraturan Mengenai Pengendalian Airtanah di Indonesia

Keberadaan Undang-undang dan Peraturan tentang sumberdaya air dan airtanah pada dasarnya menunjukkan, bahwa air mempunyai nilai ekonomi dan lingkungan yang strategis, oleh sebab itu perlu diatur, bahkan dimasukkan dalam konstitusi. Prinsip dasar hukum airtanah seperti diuraikan di atas, seharusnya menjadi dasar peraturan perundangan airtanah di Indonesia.

Undang-undang dan peraturan tentang pengelolaan airtanah yang sudah ada umumnya telah membahas mengenai pengendalian airtanah yang berisi tentang pengambilan dan pengendalian pencemaran airtanah. Penjelasan mengenai upaya pengendalian airtanah telah lama dibahas dalam undang-undang dan peraturan tentang airtanah di Indonesia, jauh sebelum diterbitkan Undang-undang Sumber Daya Air No.7 Tahun 2004. Umumnya pembahasan upaya pengendalian airtanah berisi tentang pengaturan pengambilan airtanah, pengawasan kualitas dan kuantitas airtanah serta kewenangan dari setiap instansi pemerintahan dalam pengawasan dan pengendalian airtanah tersebut.

Undang-undang dan peraturan di tingkat daerah sebagian sudah membahas mengenai upaya pengendalian airtanah. Hal ini dapat dilihat pada contoh-contoh peraturan daerah yang ada diatas, misalnya pada Perda di Yogyakarta, Sleman, Jawa Barat dan Jawa Timur. Secara umum Perda-perda tersebut membahas hal-hal mengenai upaya pengambilan airtanah, pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui, bahwa upaya pengendalian airtanah sudah masuk dan dibahas dalam undang-undang dan peraturan yang ada. Namun secara umum undang-undang dan peraturan yang tidak menyebutkan hal-hal teknis yang berhubungan dengan upaya pengendalian airtanah tersebut. Misalnya metode penentuan jarak antar sumur, pengambilan airtanah dan pemulihan kualitas dari pencemaran. Oleh karena itu perlu dibuat undang-undang dan peraturan mengenai airtanah yang juga mencantumkan hal-hal teknis yang perlu dilakukan dalam upaya pengendalian airtanah.

BAB VI

PENUTUP

Sesuai dengan maksud dan tujuan tersebut di atas, maka tulisan ini menyajikan bahan/materi berupa kajian ilmiah pedoman pengendalian airtanah yang meliputi tiga kegiatan utama pengendalian airtanah, yaitu:

1. Kegiatan pengendalian pengambilan dan pemanfaatan airtanah,
2. Kegiatan pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran airtanah, dan
3. Kegiatan pemulihan kerusakan airtanah.

Berdasarkan sasaran kajian ini, diharapkan pihak terkait dapat memanfaatkan tulisan ini sebagai:

- 1) Pedoman yang dapat digunakan sebagai acuan bagi Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah dalam melakukan pengendalian airtanah.
- 2) Pedoman bagi pelaksanaan pengelolaan airtanah terutama dalam memanfaatkan airtanah tanpa menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan.
- 3) Pedoman teknis pelaksanaan pengelolaan airtanah terutama kegiatan pengendalian airtanah sesuai dengan amanat UU Sumber Daya Air yang berlaku dan Peraturan Pemerintah maupun Peraturan Daerah yang telah ada tentang airtanah.
- 4) Pedoman bahan penyusunan peraturan perundangan tentang pengendalian airtanah di Indonesia.

Menilik permasalahan pengelolaan airtanah di Indonesia dan salah satu faktor tantangan pengelolaan airtanah, yaitu mengelola masyarakat pengguna airtanah (*managing people*), diharapkan pedoman hasil kajian ilmiah ini dapat dipergunakan bagi masyarakat untuk mengetahui bahaya dan resiko pengambilan dan atau pemanfaatan airtanah, serta pencemaran airtanah. Selain itu, mengetahui bagaimana cara mengendalikan atau memulihkan kerusakan airtanah yang telah terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

AG Boden (1996), Bodenkundliche Kartieranleitung, 4.- Auflage, Hannover

Aller, L. T., Bennett, J., Lehr, R., Petty, and Hackett, G. (1987), DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings. U.S Environmental Protection Agency, EPA/600/2-87/035.

ARGOSS (2001), Guidelines for Assessing the Risk to Groundwater from On Site Sanitation, British Geological Survey Commissioned Report, CR/01/142, 97 pp.

Bedient, P.B., Rifai, H.S., and Newell, C.J. (1999), Ground Water Contamination: Transport and Remediation, 2 nd ed., 604 p, Prentice-Hall.

Burgess, D.B., and Fletcher, S.W. (1998), Methods used to delineate groundwater source protection zones in England and Wales, in: Robins, N.S. (ed.) Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability, Geological Society, London, Special Publications, 130, p. 199 – 210.

Chilton, J., Schmoll, O and Appleyard, S. (2006), Assessment of Groundwater Pollution Potential, In: Schmoll, O, Howard, G, Chilton, J and Chorus, I. (ed) Protecting Groundwater for Health : Managing Quality of Drinking Water Sources, WHO Drinking Water Quality Series.

Conrad, J., Hughes, S., and Weaver, J. (2002), Map Production, in Zaporozec, A., (ed), 2002, Groundwater Contamination Inventory: A Methodological Guide, IHP – VI, Series on Groundwater No. 2, UNESCO. p 75 - 98.

Daly D and Warren W.P. (1998), Mapping groundwater vulnerability: the Irish perspective, in: Robins N.S., (ed), Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability, Geological Society, London, Special Publications, 130, p. 179 – 190.

Daly, D., Dassargues, A., Drew, D., Dunne, S., Goldscheider, N., Neale, S., Popescu, I.C., Zwahlen, F. (2002), Main Concepts of the European Approach to Karst Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping, *Hydrogeology Journal*, Vol. 10, p. 340 – 345, Springer-Verlag.

Danaryanto, H. (2000), Perencanaan Pendayagunaan dan Konservasi Airtanah, Lokakarya Nasional Desentralisasi Airtanah yang Berwawasan Lingkungan, Direktorat Geologi Tata Lingkungan – ESDM, Puncak, Cianjur 29-31 Oktober 2000.

Davis, S.H. and De Weist, R.J.M. (1966), *Hydrogeology*. 463 p., New York

Dillon, P. (2005), Future Management of Aquifer Recharge, *Hydrogeology Journal*, Vol 13, No. 1, p.313 – 316, Springer – Verlag.

Fetter, C.W., 1999, Contaminant Hydrogeology, 2nd edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New York.

Foster, S., and Hirata, R. (1988), Groundwater Pollution Risk Assessment; A Methodology Using Available Data, PAN American Center For Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS), Lima, Peru.

Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia M., and Paris, M. (2002), Groundwater Quality Protection: a guide for water utilities, municipal authorities, and environmental agencies, 103 p, GW-MATE, The World Bank, Washington.

Foster S.S.D. (1998), Groundwater recharge and pollution vulnerability of British aquifers: a critical overview in: Robins N.S., (ed), Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability, Geological Society, London, Special Publications, 130, p. 7 – 22.

Freeze, R.A., and Cherry J.A. (1979), Groundwater, 604 p, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

Gogu, R.C., Dassargues, A. (2000), Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods, Environmental Geology Journal, 39 (6), p.549 – 559, Springer-Verlag.

GW-MATE (2005), Groundwater Management Strategies: facets of the integrated approach, Briefing Note Series No. 3, World Bank.

Hadimulyono, M.B. (2005), Kebijakan Penggunaan yang Saling Menunjang antara Air Permukaan dan Airtanah, Lokakarya Kebijakan Nasional Pengelolaan Airtanah, Direktorat Geologi Tata Lingkungan dan Kawasan Pertambangan – ESDM, Bandung, 29 Juli 2004.

Hasyim, I. (2000), Peran Propinsi dalam Pengelolaan Sumberdaya Airtanah yang Berwawasan Lingkungan, Lokakarya Nasional Desentralisasi Pengelolaan Airtanah yang Berwawasan Lingkungan, Direktorat Geologi Tata Lingkungan – ESDM, Puncak, Cianjur 29-31 Oktober 2000.

Helweg, O.J., 1992, Water Resources : Planning and Management, 2nd edition Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 364 p

Hendrayana, H., 2000b, Konservasi Airtanah dalam rangka Pemanfaatan Air yang Berkelanjutan, Makalah Pembinaan kepada Pemakai Air Bawah Tanah, Dinas Pertambangan DIY, Yogyakarta.

Hendrayana, H., 2002a, Dampak Pemanfaatan Airtanah, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hendrayana, H., 2002b, Konsep Dasar Manajemen Cekungan Airtanah, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hendrayana, H., 2002c, A Concept Approach of Total Groundwater Basin Management, International Symposium on Natural Resource and Environmental Management, held in the framework of the 43rd Anniversary of UPN "Veteran" Yogyakarta, on January 21 – 22, 2002 (Published in English Proceeding).

Hendrayana, H., 2002d, Konsep Dasar Pengelolaan Cekungan Air Bawah Tanah, Pelatihan Manajemen Air Bawah Tanah di Wilayah Perkotaan Yang Berwawasan Lingkungan, Fakultas Teknik UGM, 15 – 27 September 2002, Yogyakarta.

Hendrayana, H., 2002e, Program Perencanaan Pendayagunaan Sumberdaya Air Bawah Tanah, Pelatihan Manajemen Air Bawah Tanah di Wilayah Perkotaan Yang Berwawasan Lingkungan, Fakultas Teknik UGM, 15 – 27 September 2002, Yogyakarta.

Hendrayana, H., 2002f, Sistem Pengelolaan Air Bawah Tanah Yang Berkelanjutan, dalam buku Peluang dan Tantangan Pengelolaan Sumberdaya Air di Indonesia, P3-TPSLK BPPT and HSF, Jakarta.

Hendrayana, H., 2002g, Groundwater Conservation for Sustainable Groundwater Resources (Discussion on Technical Aspect), presented in Seminar on Mineral and Groundwater Resources Management, Yogyakarta.

Hendrayana, H.; Putra, DPE., 2008a, Assessment of Urban Groundwater Contaminant Loading, Proceeding of Science and Technology on Groundwater Usage and Conservation, Indonesian Geological Board, Ministry of Energy and Mineral Resources, Republic Indonesia, Bandung.

Hendrayana, H., Putra, DPE., 2008b, Urbanization and Groundwater Resources : Interaction and Management, Proceeding of National Seminar on Strategy and Challenge in Geological Education and National Development, Yogyakarta, 15 February 2008.

Hölting, B., Haertlé, Th., Hohberger, K.-H., Nachtigall, K., Villinger, E., Weinzierl, W., and Wrobel, J.-P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung; C 63: 5-24.

Hölting, B., and Coldeway, W.G. (2005), Hydrogeologie: Einfuehrung in die Allgemeine und Anngewandte Hydrogeologie, 6. Auflage, 326 S, 118 Abb, 69 Tab, Spektrum – Elsevier.

Ibe K.M., Nwankwok G.I., and Onyekumu S.O. (2001), Assesment of groundwater vulnerability and its application to the development of protection strategy for the water supply aquifer in Owerri, Southeastern Nigeria, Environmental Monitoring and Assesment, p.323-360, Kluwer Academic Publishers.

Johansson, P.-O, and Hirata, R. (2002), Rating of Groundwater Contaminant Sources, in Zaporosec, (ed), Groundwater Contamination Inventory: A Methodological Guide, IHP-VI, Series on Groundwater No.2, UNESCO, p.63 – 74. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132503e.pdf>

Kovaleschy, V.S., Kruseman, G.P., and Rushton, K.R., (ed). (2004), Groundwater Studies: An International Guide for Hydrogeological Investigations, IHP-VI, Series on Groundwater No.3, UNESCO.

Lerner, D.N., Issar, A.S., and Simmers. I. (1990), Groundwater Recharge: A Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge, International Contributions to Hydrogeology Vol. 8, IAH, Verlag Heinz Heise, Hannover, Germany.

Mato, R.R.A.M. (2002), Groundwater Pollution in Urban Dar es Salaam, Tanzania: Assessing Vulnerability and Protection Priorities, Dissertation, Eindhoven University of Technology, University Press of Eindhoven University of Technology.

Maxe, L. and Johansson, P-O. (1998), Assessing groundwater vulnerability using travel time and specific surface area as indicators, *Hydrogeology Journal*, Vol. 6, p. 441 – 449, Springer-Verlag.

Morris, B.L., Lawrence, A.R., Chilton, P.J.C., Adams, B., Calow, R.C., and Klinck, B.A. (2003), Groundwater and its susceptibility to degradation: A global assessment of the problem and options for management. Early Warning and Assessment Report Series, RS.03-3. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

Palmer, R.C., and Lewis, M.A. (1998), Assessment of groundwater vulnerability in England and Wales, In: Robins, N.S. (ed) *Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability*, Geological Society, London, Special Publications, 130, p. 191 – 198.

Putra, D.P.E. (2003), Integrated Water Resources Management in Merapi-Yogyakarta, Project Seed Net No UGM 01047, Fakultas Teknik UGM (tidak dipublikasikan)

Putra, D.P.E. (2007), The Impact of Urbanization on Groundwater Quality: A Case Study in Yogyakarta City – Indonesia, *Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie*, Heft 96, 148 S, 72 Abb, 49 Tab, 6 Anl, Herausgegeben vom Lehrstuhl fuer Ingenieurgeologie und Hydrogeologie Univ.-Prof. Dr. Rafiq Azzam, RWTH Aachen, Germany, Oktober 2007.

Rachmat, H.S. (2000), Peran Kabupaten/Kota dalam Pengelolaan Sumberdaya Airtanah pada Era Otonomi Daerah, Lokakarya Nasional Desentralisasi Pengelolaan Airtanah yang Berwawasan Lingkungan, Direktorat Geologi Tata Lingkungan – ESDM, Puncak, Cianjur, 29-31 Oktober 2000.

Sembiring, S.F. (2004), kebijakan Nasional Pengelolaan Airtanah, Lokakarya Nasional Pengelolaan Airtanah, Direktorat Geologi Tata Lingkungan dan Kawasan Pertambangan, ESDM, Bandung 29 Juli 2004.

Teutsch, G., Grathwohl, P., and Schiedek, T. (1997), Literaturstudie zum natürlichen Rückhalt/Abbau von Schadstoffen im Grundwasser.- Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung, Band 35/97, November 1997, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 51 Seiten, Karlsruhe.

Todd, D.K., 1980, *Groundwater Hydrology*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York

US EPA (1991), Subsurface Contamination Reference Guide, United State Environmental Protection Agency, EPA/540/2-90/011.

Vbra, J., Zaporosec, A. (1994), Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Association of Hydrogeologist (International Contributions to Hydrogeology 16). Verlag Heinz Heise, Hannover.

Voigt, H.-J., Heinkele, T., Jahnke, C., and Wolker, R. (2004), Characterization of Groundwater Vulnerability to Fulfill Requierements of The Water Framework Directive of The European Union, Geofisica International, Vol. 43, No., 4, p. 567 – 574.

Wimmer, G., Leppig, B., and Dietz, T. (2002), Die Grundwassergefaerdungskarte ueber Locker-bzw. Festgesteinsaquiferen – Erfahrungen bei der Umsetzung des theoretischen Modells in die Praxis, Hrsg: Lehrstuhl fur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH Aachen Prof. Dr. K. Schetelig, Mitteilungen zur Ingineurgeologie und Hydrogeologie, Heft 80, s. 253 – 272, LIH der RWTH Aachen.

Zaporozec, A., (ed). (2002), Groundwater contamination inventory: a methodological guide, IHP-VI, Series on groundwater No. 2, 160 p, UNESCO, Paris, France.